

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:**  
**INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:**  
**DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE AGUA EN LAS**  
**ÁREAS DE RESTAURACIÓN UBICADAS EN LA ASOCIACIÓN LA**  
**ESPERANZA**

**AUTORES:**  
**ROSA CAROLINA YUNGA SEMBLANTES**  
**DIEGO MAURICIO ZABALA CHICO**

**TUTOR:**  
**CARLOS GERMÁN PILLAJO ANGOS**

**Quito, marzo del 2019**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros, Rosa Carolina Yunga Semblantes con documento de identificación N° 050208672-1 y Diego Mauricio Zabala Chico con documento de identificación N° 180411322-1 voluntariamente cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo de Titulación “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE AGUA EN LAS ÁREAS DE RESTAURACIÓN UBICADAS EN LA ASOCIACIÓN LA ESPERANZA”, el mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Electrónica e Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

---

Rosa Carolina Yunga Semblantes  
C.I: 050208672-1

---

Diego Mauricio Zabala Chico  
C.I: 180411322-1

Quito, marzo del 2019

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación, “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE AGUA EN LAS ÁREAS DE RESTAURACIÓN UBICADAS EN LA ASOCIACIÓN LA ESPERANZA”, realizado por Rosa Carolina Yunga Semblantes y Diego Mauricio Zabala Chico, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2019.



Carlos German Pillajo Angos  
C.I: 170925511-9

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi padre Manuel que me acompaña desde el cielo; a mi Madre, una mujer excepcional. Mi ejemplo a seguir; a mis hermanos por apoyarme a seguir adelante, en especial, a mi hermana Yadira; a mis abuelitos Eduardo y Lucrecia: ¡Qué suerte la mía tenerles a mi lado! Gracias a todos por nunca dejarme caer, por su apoyo incondicional a lo largo del camino; a mi Padrastro por su cariño de padre.

Doy gracias a Dios por darme la familia que tengo. Gracias a cada uno por el ánimo y la fortaleza que me brindaron en los momentos que sentía desfallecer; a mi compañero de tesis, Diego, por apoyarme y ayudarme en todo momento.

Rosa Carolina Yunga Semblantes

Este trabajo de titulación dedico a Dios, a mis padres Plácido y Enriqueta por estar siempre presentes en cada etapa de mi vida, brindándome su apoyo incondicional, su amor y sus consejos que me ayudaron a salir adelante de cualquier adversidad. A mi hermana Mayra por brindarme su amor y enseñanzas durante mis años de estudio. A mi novia Jennifer, quien ha estado conmigo durante el desarrollo de este proyecto.

A mis amigos, quienes estuvieron conmigo apoyándome y alentándome para la culminación de este trabajo.

Diego Mauricio Zabala Chico

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana por inculcarnos valores y principios para ser buenos ciudadanos y profesionales, a nuestro tutor Ingeniero Carlos Pillajo, por su amistad y asesoramiento en este proyecto de titulación.

Agradecemos a nuestros docentes que nos compartieron sus conocimientos para culminar esta etapa de nuestra vida profesional.

Rosa Carolina y Diego Mauricio

## ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General .....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>3</b>
2.1 Medición de Caudal o Hidrometría .....	3
2.2 Métodos utilizados para medir el agua.....	3
2.2.1 Método Volumétrico .....	3
2.2.2 Método Parshall .....	4
2.2.3 Método Químico .....	5
2.2.4 Método Flotador.....	5
2.2.5 Método área de una sección y velocidad.....	6
2.3 Molinete.....	8
2.4 Medición de precipitaciones (Pluviómetro) .....	9
2.4.1 Pluviómetro de lectura .....	9
2.4.2 Pluviómetro Mecánico .....	10
2.4.3 Pluviómetro Registrador .....	11
2.5 Medición pH del Agua .....	12

2.6	Medición de Oxígeno .....	13
2.7	Arduino Mega.....	14
2.8	Sensor Ultrasónico HC-SR04.....	15
2.9	Sensor Efecto Hall .....	16
2.10	Sensor Encoder Infrarrojo .....	16
2.11	Sensor pH .....	18
2.12	Sensor de Oxígeno Disuelto .....	19
2.13	Módulo SD-Card .....	19
2.14	Pantalla Nextion .....	20
2.15	Módulo RTC.....	20
2.16	Impresora 3D .....	21
2.17	Panel Solar.....	22
2.18	Batería .....	23
2.19	Controlador.....	24
2.20	Arduino Uno.....	24
2.21	Módulo Bluetooth.....	25
2.22	Método de Selección .....	27
2.23	Aplicaciones similares realizadas.....	28
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>30</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN .....</b>		<b>30</b>
3.1	Funcionamiento General del Proyecto .....	30
3.2	Desarrollo del hardware y software.....	31
3.3	Manufactura por impresión 3D .....	32
3.4	HMI .....	42
3.5	Esquema del sistema de autogeneración fotovoltaica .....	43
<b>CAPÍTULO 4.....</b>		<b>45</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>		<b>45</b>
4.1	Prueba de medición del caudal empleado en el sistema.....	46
4.2	Prueba de medición del caudal con el método flotador.....	47
4.3	Pruebas de medición de Precipitaciones .....	49
<b>CAPÍTULO 5.....</b>		<b>52</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>52</b>
5.1	Conclusiones .....	52
5.2	Recomendaciones .....	53

REFERENCIAS.....	54
ANEXOS	



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Método Volumétrico.....	4
Figura 2.2 Método Parshall .....	4
Figura 2.3 Método Químico .....	5
Figura 2.4 Método Flotador .....	6
Figura 2.5 Método de sección y velocidad.....	7
Figura 2.6 Tipos de secciones de canal .....	7
Figura 2.7 Molinete .....	9
Figura 2.8 Pluviómetro de lectura .....	10
Figura 2.9 Pluviómetro mecánico .....	10
Figura 2.10 Pluviómetro balancín .....	11
Figura 2.11 Pluviómetro de balancín .....	12
Figura 2.12 Pluviómetro balancín .....	12
Figura 2.13 Oxígeno disuelto .....	14
Figura 2.14 Arduino Mega 2560 .....	14
Figura 2.15 Sensor Ultrasónico HC-SR04 .....	15
Figura 2.16 Sensor de Efecto Hall .....	16
Figura 2.17 Sensor Encoder .....	17
Figura 2.18 Disco ranurado .....	17
Figura 2.19 Sensor de pH.....	18
Figura 2.20 Sensor de Oxígeno Disuelto .....	19
Figura 2.21 Módulo SD-Card .....	19
Figura 2.22 Pantalla Nextion .....	20
Figura 2.23 Módulo RTC 1307 .....	21
Figura 2.24 Impresora 3D .....	21
Figura 2.25 Panel solar.....	22
Figura 2.26 Batería.....	23
Figura 2.27 Controlador .....	24
Figura 2.28 Arduino UNO .....	25
Figura 2.29 Módulo Bluetooth HC-05 .....	26
Figura 2.30 Módulo Bluetooth HC-05 .....	26
Figura 2.31 Demarcación Hidrográfica.....	28
Figura 2.32 Canal abierto .....	29
Figura 2.33 Medición de calidad de agua .....	29

Figura 3.1 Funcionamiento general del proyecto.....	30
Figura 3.2 Desarrollo de hardware.....	32
Figura 3.3 Pieza Virtual con la vista frontal .....	32
Figura 3.4 Pieza del cono.....	33
Figura 3.5 Esquema de embudo .....	33
Figura 3.6 Pieza exterior donde se capta el agua lluvia .....	34
Figura 3.7 Pieza sólida parte externa y cono de recepción de agua.....	34
Figura 3.8 Medidas de los cangilones .....	35
Figura 3.9 Pieza interior para la recepción de agua lluvia .....	35
Figura 3.11 Medida de la pieza sujetadora de los cangilones .....	36
Figura 3.12 Pieza interior.....	36
Figura 3.13 Pieza interior con paredes largas .....	37
Figura 3.14 Paredes laterales.....	37
Figura 3.15 Pieza interior completa .....	37
Figura 3.16 Modelo final de las piezas .....	38
Figura 3.17 Molinete.....	39
Figura 3.18 Molinete.....	40
Figura 3.19 Molinete.....	40
Figura 3.20 Disco de 16 ranuras .....	41
Figura 3.21 Ventana de visualización de datos.....	43
Figura 3.22 Esquema de sistema de autogeneración fotovoltaica.....	44
Figura 4.1 Estación de medición de cantidad y calidad de agua.....	45
Figura 4.2 Gráfica de caudal de agua.....	46
Figura 4.3 Gráfica de caudal de agua.....	47
Figura 4.4 Gráfica de medición de caudal .....	48
Figura 4.5 Gráfica Pluviómetro Registrador .....	50
Figura 4.6 Gráfica de medición de pH y oxígeno .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Escala de PH .....	13
Tabla 2.2 Características de la placa Arduino Mega 2560.....	15
Tabla 2.3 Características sensor encoder .....	17
Tabla 2.4 Características del Sensor pH .....	18
Tabla 2.5 Características técnicas .....	20
Tabla 2.6 Características técnicas .....	21
Tabla 2.7 Características técnicas .....	22
Tabla 2.8 Características técnicas .....	23
Tabla 2.9 Características técnicas .....	23
Tabla 2.10 Características técnicas .....	24
Tabla 2.11 Características técnicas .....	25
Tabla 2.12 Características técnicas .....	26
Tabla 2.13 Criterios de selección .....	27
Tabla 2.14: Criterios de selección .....	27
Tabla 3.1 Descripción de los ítems de la figura .....	43
Tabla 4.1 Componentes del sistema de monitoreo .....	45
Tabla 4.2 Mediciones con el método sección y velocidad.....	46
Tabla 4.3 Mediciones con el método convencional.....	47
Tabla 4.4 comparación de valores con los dos métodos utilizados.....	48
Tabla 4.5 Medidas obtenidas por el pluviómetro.....	49
Tabla 4.6 Medidas obtenidas por los sensores de Oxígeno y pH.....	50

## **RESUMEN**

El Fideicomiso Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza, es una entidad que desarrolla proyectos de restauración del ecosistema con plantas nativas en los sitios las Cholas, Dogas y Poguios del Arenal, perteneciente a la Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuín, COCAP, por cuanto existió la necesidad de construir un sistema de monitoreo de agua, para evaluar la cantidad de precipitaciones que han caído en el lugar en época de invierno y verano, también se medirá la cantidad y calidad de agua de un canal. Se realizó el diseño de los planos para la construcción del pluviómetro y un molinete; se utilizó el programa Solidworks, para tener un esquema exacto donde se medirá la cantidad de precipitaciones y el caudal de agua del canal. La calidad de agua es medida bajo dos variables pH y Oxigenación, logrando determinar si el agua es apta para consumo humano o labores agrícolas. Las variables obtenidas se tratan en una tarjeta Arduino Mega, el resultado de los datos serán registrados y almacenados en una memoria SD-CARD, para posteriormente ser extraídos para su análisis, se conecta a la estación mediante Bluetooth un dispositivo externo el mismo que extrae la información mediante vía inalámbrica, los datos se visualizan en una pantalla Nextion. El sistema se alimentará con paneles solares, logrando garantizar el funcionamiento de los diferentes equipos. Al finalizar la instalación de los equipos, se realizaron las pruebas de funcionamiento obteniendo datos significativos en calidad y cantidad de agua en el sector Río Colorado.

## **ABSTRACT**

The Funds Trust of Páramos Tungurahua and Fight against Poverty, is an entity that develops ecosystem restoration projects with native plants in the Cholas, Dogas and Poguios del Arenal sites, belonging to the Corporation of Campesino Organizations of Pilahuín, COCAP, because there was a need to build a water monitoring system, to evaluate the amount of rainfall that has fallen on the site during winter and summer, the quantity and quality of water in a canal will also be measured. The design of the plans for the construction of the rain gauge and a windmill was made, the Solidworks program was used, to have an exact scheme where the amount of rainfall and the water flow of the channel will be measured. The water quality is measured under two variables pH and oxygenation, determining if the water is suitable for human consumption or agricultural work. The variables obtained are processed in an Arduino Mega card, the result of the data will be recorded and stored in an SD-CARD memory, to be extracted later for analysis, an external device is connected to the station via Bluetooth, which extracts the information via wireless, the data is displayed on a Nextion screen. The system will be powered by solar panels, ensuring the operation of the different equipment. At the end of the installation of the equipment, performance tests were performed obtaining significant data on water quality and quantity in the place Colorado River.

## **INTRODUCCIÓN**

El Fideicomiso Fondo de Páramos y Lucha contra la Pobreza, ubicado en la Provincia de Tungurahua ha propuesto un proyecto en la Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuín COCAP, dicha institución trabaja conjuntamente con estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana en un proyecto de titulación, con el objetivo de evaluar la fluctuación de cantidad y calidad de agua en un canal abierto y la cantidad de precipitaciones que ha caído en el sector Río Colorado, mostrando así los avances obtenidos en el proceso de reforestación con plantas nativas, que el Fideicomiso ha realizado en el páramo durante un tiempo estimado. Para lo cual, requiere conocer el caudal y calidad de agua que transita por el canal abierto, al igual que las precipitaciones que ha caído en el lugar, durante un tiempo determinado. El proyecto está detallado por medio de cinco capítulos, resumidos brevemente a continuación:

En el primer capítulo se describe los antecedentes del proyecto técnico, se detalla el problema de estudio, la justificación y los objetivos.

En el segundo capítulo, se presenta la parte teórica del proyecto de titulación, se define varios conceptos que se tomó en cuenta para medir la cantidad y calidad de agua en un canal abierto, y valorar la cantidad de precipitaciones.

En el tercer capítulo, se describe cada uno de los dispositivos electrónicos que se utilizaron en el desarrollo del proyecto de titulación.

En el capítulo cuatro, se presentan las pruebas y los resultados obtenidos mediante pruebas de campo del proyecto.

En el capítulo quinto se describe las conclusiones y recomendaciones.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Planteamiento del problema**

El Plan de manejo de páramos impulsado desde una visión indígena a partir del 2013, ha desarrollado prácticas de restauración en 78 hectáreas de páramo degradado. El Fideicomiso Fondo de Páramos Tungurahua y Lucha contra la Pobreza, ha propuesto un proyecto de restauración en los sitios: Las Cholas, Dogas y Poguios del Arenal, en la Corporación de Organizaciones Campesinas de Pilahuín, COCAP, específicamente en el sector Río Colorado. Debido a la erosión del suelo por la falta de flora nativa que ayuda a mantener la humedad en el lugar, el afluente de agua ha tenido un decremento de su caudal, afectando al ecosistema. La institución ha desarrollado un plan de restauración y conservación de estos sectores, introduciendo especies nativas para mantener condiciones aptas en el páramo. Las plantas se han adaptado y los afluentes se han recuperado parcialmente, se estima que necesitará alrededor de 45 años para la recuperación total, con los datos adquiridos de los afluentes no se puede dar cifras estimadas de la recuperación de calidad y cantidad del agua en los sitios afectados, por lo que no puede tomar una decisión sobre la continuidad y réplica del proyecto en el sector Río Colorado.

### **1.2 Justificación**

El páramo de la Región Interandina del Ecuador, constituye uno de los ecosistemas con naturaleza diversa y además sus características son inigualables logrando interceptar, almacenar y regular los recursos hídricos de la superficie. La importancia del presente proyecto radica en contribuir con la recuperación, conservación de su Biodiversidad, mediante la adquisición de datos por medio de dispositivos electrónicos, y documentar los cambios en las cuencas hídricas, con la finalidad de verificar la variabilidad de la cantidad de agua que existe en el sector Río Colorado. Resulta claro estudiar el comportamiento de los páramos y sus recursos naturales, en concordancia con técnicas de mitigación conjuntas y la necesidad de evaluar la precisión de los equipos utilizados para cuantificar la cantidad y calidad de agua de esta manera se pueda considerar la adquisición de datos, que sirven como un punto

focal en el sistema de monitoreo para crear diversos planes de contingencia, obteniendo líneas de verificación en la recuperación en el sector.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema de monitoreo automático para la medición de cantidad y calidad de agua en las áreas de restauración ubicadas en la Asociación la Esperanza para su entrega al Fideicomiso Fondo de Páramos y Lucha contra la Pobreza

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar los diferentes sistemas de monitoreo de cantidad y calidad de agua para determinar la mejor opción de instrumentación.
- Desarrollar un sistema de monitoreo para cuantificar la cantidad y calidad de agua en el sitio Las Cholas, Dogas y Poguios de Arenal.
- Instalar un sistema de autogeneración fotovoltaica para energizar el prototipo.
- Validar el funcionamiento del sistema implementado mediante su calibración para la entrega y almacenamiento de datos.



## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO CONCEPTUAL**

En este capítulo se detalla distintos aspectos para medir la cantidad de precipitación, el caudal de agua en un canal abierto y calidad de agua que son evaluados en dos parámetros PH y oxigenación.

#### **2.1 Medición de Caudal o Hidrometría**

La medición es una forma de gran influencia para administrar eficientemente el uso y conservación de agua. Sirve para medir, registrar, calcular, analizar los volúmenes de agua que circulan por un canal, río o tubo. (Alvarado, Medición de Caudales, 2017)

El caudal es el volumen que pasa por una sección transversal trapezoidal, rectangular, triangular en un tiempo determinado. Las unidades utilizadas para el cálculo de caudal de agua se realizan en metros cúbicos por segundo. Depende, básicamente, de dos parámetros: área y velocidad, una vez realizada la operación matemática se obtiene el caudal o gasto volumétrico de agua que circula por una sección transversal.

#### **2.2 Métodos utilizados para medir el agua**

La selección del método depende del volumen a ser medido, condiciones de medidas y el tipo de material utilizado en la construcción de las paredes del canal de agua. Existen distintos métodos:

- Método Volumétrico.
- Método Parshall.
- Método Químico.
- Método Flotador.
- Método por sección y velocidad.

##### **2.2.1 Método Volumétrico**

Este método es utilizado en corrientes muy pequeñas, es decir, la medición directa del tiempo que se tarda en llenar el volumen de un recipiente, la corriente de agua es introducida en un recipiente conocido. A continuación, se muestra la Figura 2.1 y la Ecuación (2.1), para el cálculo del caudal de agua.

Figura 2.1 Método Volumétrico



Medición de caudal por el método volumétrico (González, 2014, pág. 6)

$$Q = \frac{V}{T} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

Q= Caudal de agua expresada en litros por segundo.

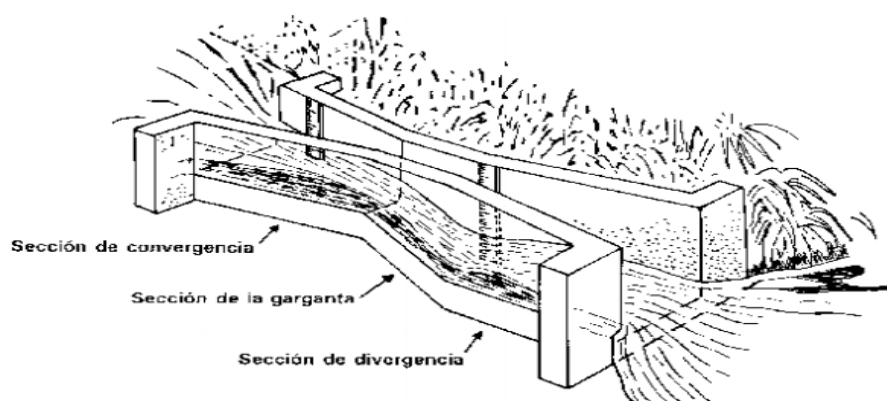
V= Volumen en litros.

T= Tiempo en segundos.

### 2.2.2 Método Parshall

Se utiliza para canales pequeños, donde se pueden instalar estructuras como vertederos.

Figura 2.2 Método Parshall



Estructura para medir caudal por método Parshall (Alvarado, 2017, pág. 4)

$$Q = C \times H^n$$

Ec. (2.2)

Donde:

Q= caudal

H= altura de la lámina de agua

C y n= son coeficientes propios de la dimensión del canal

### 2.2.3 Método Químico

Este método se utiliza en sectores de difícil determinación tanto en superficie y velocidad, por lo tanto es utilizado en río de montaña. En un tiempo determinado se incorpora a la corriente de agua una sustancia química, luego se recogen muestras de agua una vez que la sustancia química se haya disuelto de manera uniforme, posteriormente se evalúa de cantidad de sustancia contenida por unidad de volumen.

Figura 2.3 Método Químico

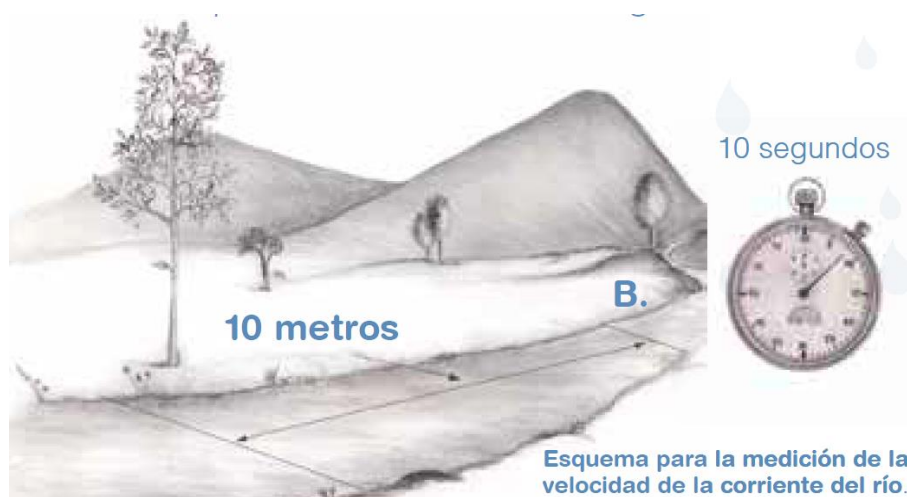


Forma física de medir el caudal con sustancias químicas (Nuñez, 2015, pág. 6)

### 2.2.4 Método Flotador

Este método es utilizado para medir la velocidad de agua cuando no hay dispositivos que ayuden en la medición de caudal en ríos y canales, se utiliza un flotador con el cual se mide la velocidad del agua, se toma el tiempo recorrido en el canal y el espacio que recorrió el flotador.

Figura 2.4 Método Flotador



Forma para medir el caudal por el método flotador (González, 2014, pág. 11)

A continuación se muestra las siguientes expresiones para obtener el caudal por medio del método ya mencionado:

$$V = \frac{e}{t} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

$$Q = C \times A \times V \quad \text{Ec. (2.4)}$$

Donde:

Q= caudal

C= factor de corrección

V= velocidad

A= área de la sección transversal

e= espacio recorrido por el flotador

t= tiempo que recorrió el flotador

### 2.2.5 Método área de una sección y velocidad

Mediante este método se determina el área de una sección en un canal, la velocidad se obtiene colocando un molinete en el canal, una vez obtenidos los dos valores se multiplica dando como resultado el caudal de agua.

Figura 2.5 Método de sección y velocidad



Forma física de medición de sección (González, 2014, pág. 12)

A continuación, se muestra la expresión:

$$Q = A \times V \quad \text{Ec. (2.5)}$$

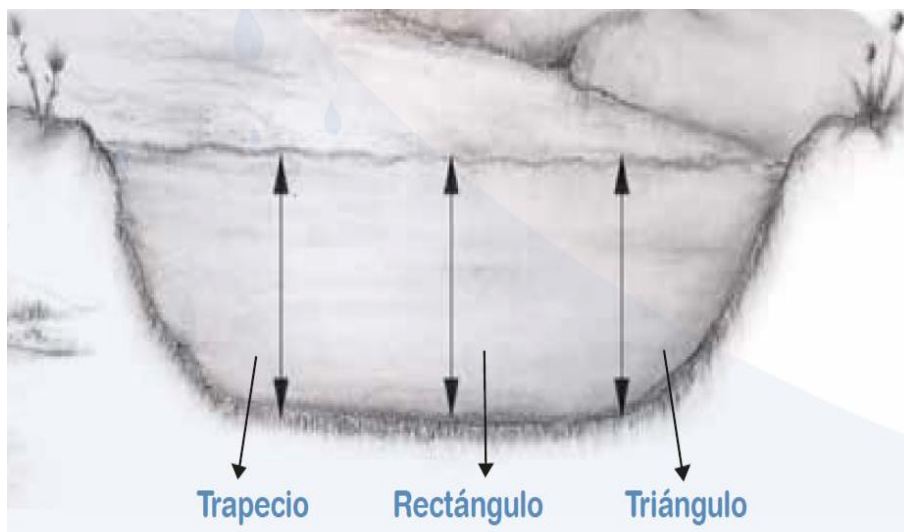
Q= caudal

A=área

V=velocidad

La medición de la sección depende del canal, se determina según su forma:

Figura 2.6 Tipos de secciones de canal



Esquema de sección de un canal (González, 2014, pág. 14)

Para una sección triangular, rectangular, trapezoidal como se muestran en la Figura 2.6, se utiliza las siguientes expresiones respectivamente:

Sección rectangular:

$$A = B \times h \quad \text{Ec. (2.6)}$$

Sección triangular:

$$A = \frac{b \times h}{2} \quad \text{Ec. (2.7)}$$

Sección trapezoidal:

$$A = \frac{(B + b) \times h}{2} \quad \text{Ec. (2.8)}$$

Donde:

A=área

B= base mayor de la sección del canal

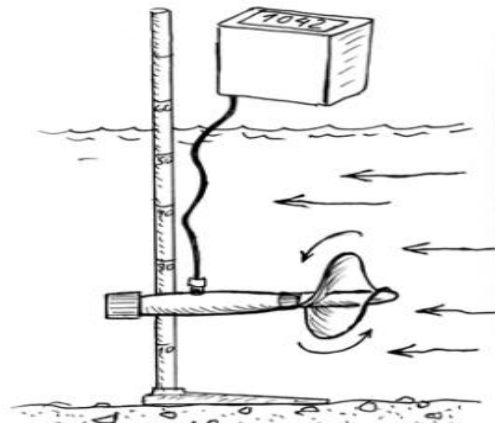
b=base menor de la sección del canal

h=altura del espejo de agua que circula por el canal

### 2.3 Molinete

Mediante un molinete se logra medir de manera exacta la velocidad de la corriente de agua.

Figura 2.7 Molinete



Esquema funcional del molinete (Sánchez, 2013, pág. 1)

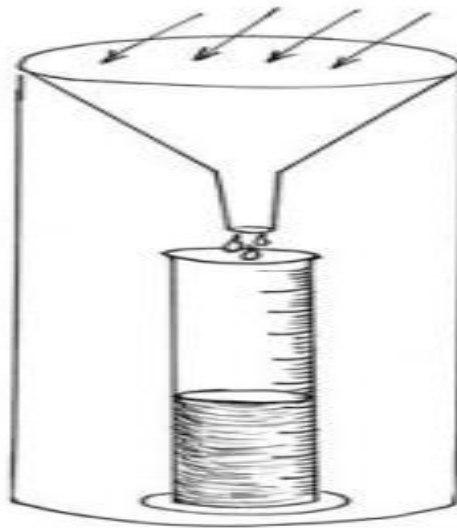
## 2.4 Medición de precipitaciones (Pluviómetro)

La medición de las precipitaciones se realiza por medio de un Pluviómetro, el cual se encarga de calcular la cantidad de lluvia que cae en un lugar durante un tiempo determinado. Las precipitaciones caen en sus diversos estados: líquidos, nieve o granizo. Este instrumento recolecta el agua lluvia a través de una abertura, por donde ingresa las precipitaciones, en el interior contiene un embudo en el cual las gotas caen por un tubo de diámetro angosto, finalmente desemboca en dos cangilones que se mueven de forma pendular para evacuar el agua almacenada en los recipientes. Una lámina o capa de agua es la altura sobre una pared horizontal o suelo, se mide en milímetros, los mismos que son equivalentes a los litros por metro cuadrado. A continuación, se muestran los modelos de pluviómetros: lectura directa, mecánico y registrador.

### 2.4.1 Pluviómetro de lectura

Este diseño contiene un embudo, el cual recolecta las precipitaciones cada 12 horas se realiza la medición, la misma que se vacía en una probeta graduada.

Figura 2.8 Pluviómetro de lectura

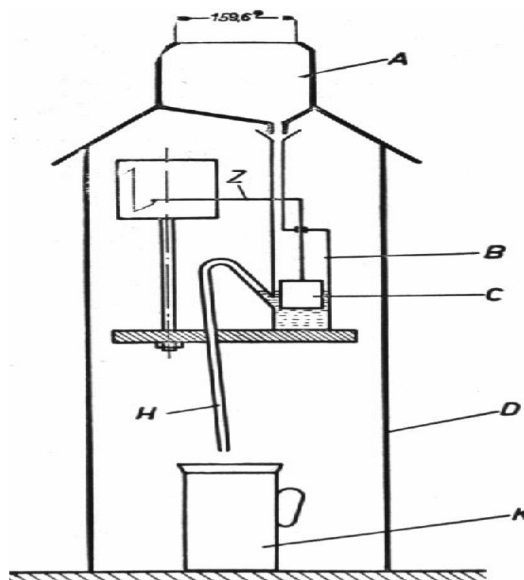


Estructura de un pluviómetro de lectura (Sánchez, 2017, pág.1)

#### 2.4.2 Pluviómetro Mecánico

Este modelo es diferente por el área de captación y la velocidad de registro, además de poseer un cuerpo cilíndrico metálico. En la Figura 2.9, se visualiza las partes que componen el pluviómetro mecánico.

Figura 2.9 Pluviómetro mecánico



Partes que componen un pluviómetro mecánico (Müller, 2013, pág. 4)



Donde:

A= anillo de recepción

B= recipiente

C= flotador

D= caja

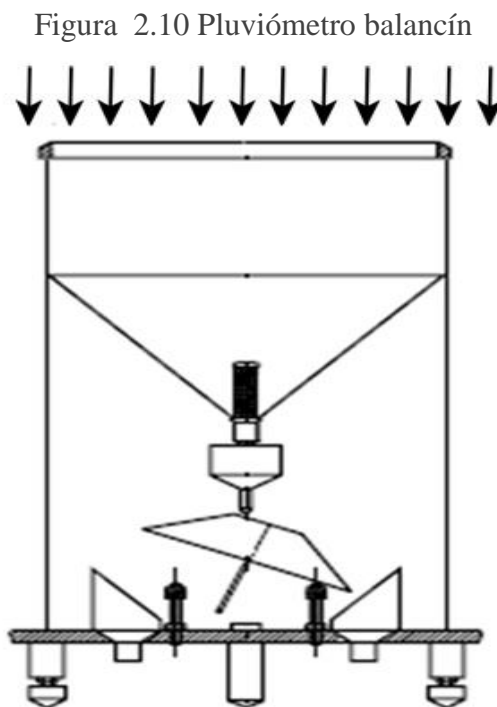
H= sifón

K= vasija colectora

Z= palanca inscriptora

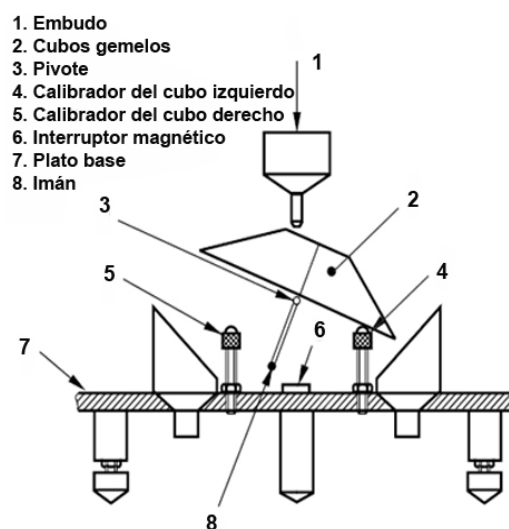
### 2.4.3 Pluviómetro Registrador

Este dispositivo tiene como finalidad recolectar agua, garantizando su funcionamiento, puede ser instalado en lugares lejanos de difícil acceso. En el interior se encuentra un balancín ubicado en el centro del dispositivo, actúa como una balanza o un columpio una vez que se haya llenado los cangilones, determinando la cantidad de lluvia que ha caído en el lugar. En la Figura 2.10, se visualiza los componentes del pluviómetro registrador.



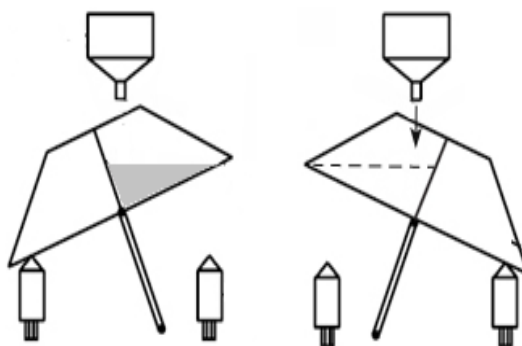
Esquema de pluviómetro de balancín (León, 2013, pág.3)

Figura 2.11 Pluviómetro de balancín



Componentes internos de pluviómetro de balancín ((León, 2013, pág.3)

Figura 2.12 Pluviómetro balancín



Esquema de mecanismo de balanceo de los cangilones (León, 2013, pág. 4)

## 2.5 Medición pH del Agua

El pH del agua resulta muy necesario y de gran utilidad, se puede medir en acidez o alcalinidad en una solución, este parámetro se encuentra en una escala de 0 a 14, donde 0 es muy ácido y 14 es muy alcalino. El valor de agua potable consumible está en un rango mínimo de 6,5 y un valor máximo de 7,5, el agua debe ser necesariamente un valor neutro de 7. A continuación en una Tabla se indica la escala de PH.

Tabla 2.1 Escala de PH

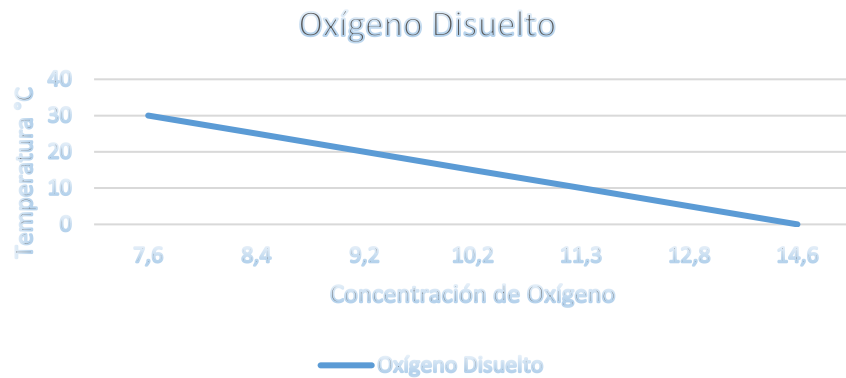
Escala de PH	
0	Muy ácido
1	
2	Moderadamente ácido
3	
4,5	
4,6	Ligeramente ácido
5	
6,5	
6,6	Neutro
7	
7,5	
7,6	Ligeramente alcalino
8-9	
10,5	
10,6	Moderadamente alcalino
11	
12,5	
12,6	Muy alcalino
14	

Escala de PH, tanto en acidez y alcalinidad. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

## 2.6 Medición de Oxígeno

La medición se realiza para saber la cantidad de oxígeno disuelto que existe en una sustancia o agua, sirve como indicador de calidad de agua para la existencia de organismos que existe en diversos panoramas como: vida acuática, aguas residuales, etc. La temperatura tiene un efecto muy importante ya que si el agua está caliente no existe suficiente oxígeno en el agua.

Figura 2.13 Oxígeno disuelto

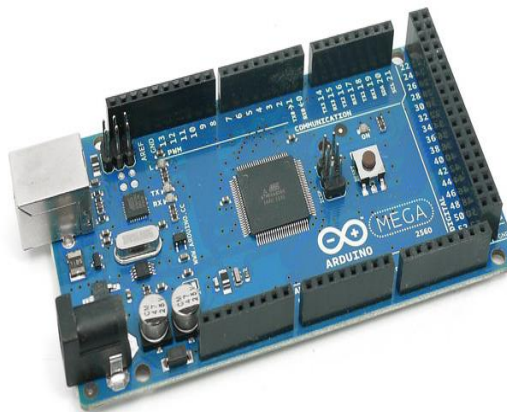


Esquema de oxígeno disuelto. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

## 2.7 Arduino Mega

Se utiliza un microcontrolador llamado Arduino Mega 2560, el cual posee pines de conexión, esta es una tarjeta de desarrollo en un entorno que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Requiere de una alimentación de 5 V, a través del puerto USB o por medio de una fuente externa (batería o cargador). A continuación se muestra la placa Arduino Mega 2560 en la Figura 2.14.

Figura 2.14 Arduino Mega 2560



Placa Arduino Mega 2560 (Veloso, 2018, pág. 1)

Principales características técnicas de la placa Arduino mega 2560 en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Características de la placa Arduino Mega 2560

Características	
Microcontrolador	Atmega 2560
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada	7 – 12 V
Clock Speed	16 MHz
Pines digitales de Entrada/Salida	54 (de los 14 cuales proveen salida PWM)
Pines analógicos de entrada	16
Memoria flash	256 KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB

Datos técnicos de Arduino Mega 2560 (Veloso, 2018, pág. 1)

## 2.8 Sensor Ultrasónico HC-SR04

El sensor se utiliza para medir la distancia en la que se encuentra un objeto, su funcionamiento es muy simple este dispositivo emite un pulso que rebota en el objeto, la reflexión del pulso emitido es detectado por el receptor, el tiempo que dura entre la emisión y recepción de la onda depende de la distancia en la cual se encuentra el objeto, mientras más distancia, la onda tardara más tiempo en ir y volver. En la siguiente Figura 2.15 se muestra el sensor HC-SR04.

Figura 2.15 Sensor Ultrasónico HC-SR04



Dispositivo para medir la distancia de un objeto (Llamas, 2018, pág. 1)

Para medir la distancia se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = v \times t \quad \text{Ec. (2.9)}$$

Donde:

d = distancia

v = velocidad

t = tiempo

## 2.9 Sensor Efecto Hall

El sensor de efecto hall reacciona a un campo magnético generando una señal eléctrica, el dispositivo permite detectar la presencia del campo magnético que es provocada por un imán, es decir que sirve para contar la cantidad de pulsos que se ha registrado al realizar dicha reacción. En la siguiente Figura 2.16 se muestra el dispositivo electrónico.

Figura 2.16 Sensor de Efecto Hall



Elemento electrónico para la medición de campos magnéticos (Domínguez, 2013, pág.1)

## 2.10 Sensor Encoder Infrarrojo

Optointerruptor infrarrojo tiene forma de U, consta de dos partes un emisor de infrarrojos y un receptor de señal que permite detectar un objeto que atraviesa el dispositivo por medio de una ranura inferior cuando es interrumpido el rayo de luz. Con este dispositivo se determina la velocidad de giro y la posición del eje mediante

la utilización de un disco con orificios o partes transparentes y otras de forma sólida que impiden el paso de la luz, a continuación se muestra la Figura 2.17.

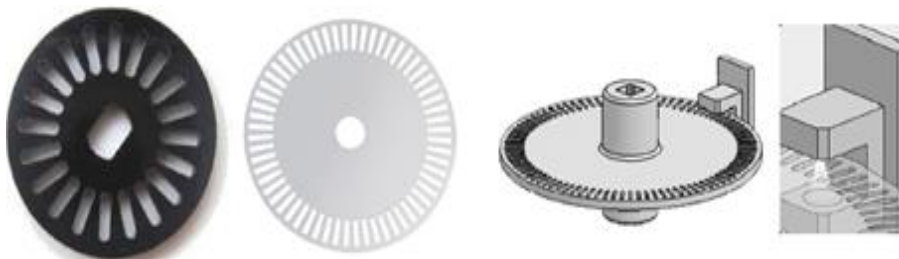
Figura 2.17 Sensor Encoder



Composición de un sensor encoder infrarrojo (Llamas, 2016, pág.1)

En la Figura 2.18, se muestra el disco ranurado.

Figura 2.18 Disco ranurado



Esquema del disco con ranuras y sensor encoder infrarrojo (Llamas, 2016, pág. 1)

Tabla 2.3 Características sensor encoder

Características	
Voltaje de operación	3,3 V – 5 V
Salida	Analógica/digital
Tipo de emisor	IR
Peso	8 gramos
Led indicador	Pulso
Led indicador	Alimentación

Características técnicas del sensor encoder infrarrojo (Llamas, 2016, pág. 1)

## 2.11 Sensor pH

El sensor de pH mide la acidez y la alcalinidad de una solución, este dispositivo indica la concentración de iones hidronio, la solución medida es controlada por la placa y ofrece un valor analógico proporcional a la medición, tiene un potenciómetro de precisión esto permite una correcta calibración de la sonda.

Tabla 2.4 Características del Sensor pH

Características	
Alimentación	5 V
Dimensiones	43×32 mm (controlador)
Rango de medición	0 – 14 ph
Temperatura de medición	0 – 60°C
Tiempo de respuesta	≤ 1min
Controlador de pH 2.0	3 pines

Características técnicas del sensor de pH (DFROBOT, 2018, pág. 1)

Figura 2.19 Sensor de pH



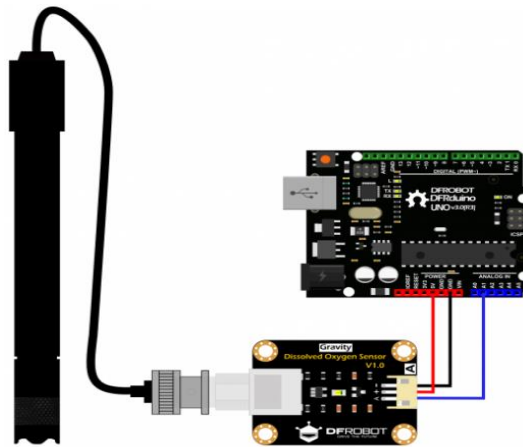
Dispositivo para medir e pH del agua (HETPRO, 2018, pág. 1)



### 2.12 Sensor de Oxígeno Disuelto

El dispositivo se utiliza para medir el oxígeno disuelto en agua, por lo tanto se verifica la calidad de agua, el sensor tiene un electrodo sumergido en un electrolito con una solución. A continuación se muestra la Figura 2.20.

Figura 2.20 Sensor de Oxígeno Disuelto



Esquema de la sonda y el adaptador (DFROBOT, 2017, pág.1)

### 2.13 Módulo SD-Card

El modulo SD- Card permite insertar una memoria micro SD que son las más utilizadas por su tamaño y capacidad de almacenamiento de datos, el dispositivo se alimenta con 3.3 V o 5 V. Es compatible con memorias de tipo SD estándar, mini SD y micro SD. Consta de un socket grande para memorias SD de tamaño estándar, también se lo usa para adaptar memorias micro SD.

Figura 2.21 Módulo SD-Card



Módulo SD-Card con socket grande para memorias SD estándar (Llamas, 2016, pág.1)

## 2.14 Pantalla Nextion

El dispositivo Nextion proporciona una interfaz de control y visualización siendo una solución de interfaz hombre - máquina (HMI). A continuación se muestra la Tabla 2.5 de características técnicas del dispositivo y la Figura 2.22 correspondiente a la pantalla Nextion.

Figura 2.22 Pantalla Nextion



Pantalla Nextion de 3.2". (ITEAD, 2015, pág.1)

Tabla 2.5 Características técnicas

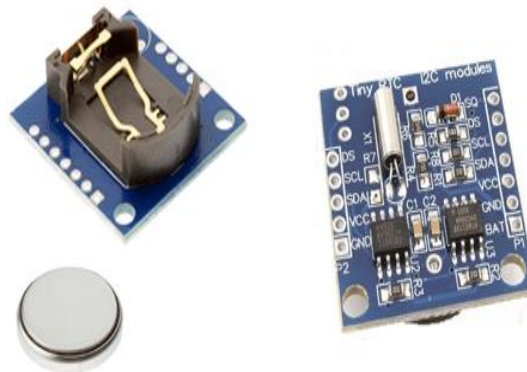
Características técnicas	
Resolución	320×240
Pantalla	TFT
Memoria flash	4M
Ranura	Tarjeta micro – SD
Brillo ajustable	0 – 180 nit, intervalo de ajuste es de 1%
Área Visual	57,6mm x 43,2mm
Consumo de energía	5V

Características técnicas de la pantalla nextion. (HETPRO, 2015, pág. 1)

## 2.15 Módulo RTC

Dispositivo electrónico que permite adquirir mediciones de tiempo, es decir se utiliza para registrar fecha, hora, mes y año de un evento que es ejecutado en el tiempo, mediante el dispositivo RTC 1307.

Figura 2.23 Módulo RTC 1307



Módulo RTC que permite registrar la fecha, hora. (GEEKFACTORY, 2015, pág. 1)

Tabla 2.6 Características técnicas

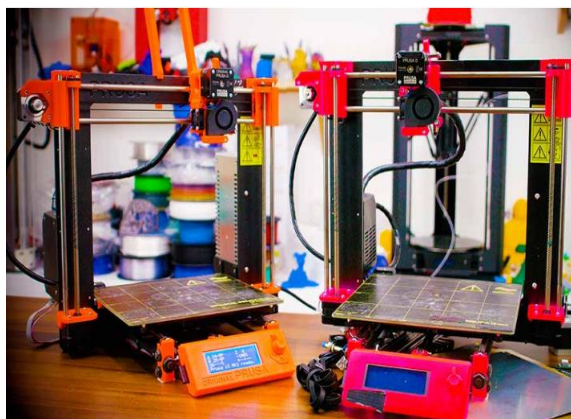
Características técnicas	
Voltaje de operación	4,5 V - 5 V
Batería	Incluida en el modulo
Compatibilidad	Arduino
Memoria	EEPROM I2C

Características técnicas del módulo RTC. (Llamas, 2016, pág. 1)

## 2.16 Impresora 3D

Una impresora 3D produce modelos 3D creados en el ordenador teniendo en cuenta un modelo previamente establecido, el funcionamiento de una impresora 3D es crear un objeto seleccionado con sus 3 dimensiones esta construcción se realiza por capas sucesivamente.

Figura 2.24 Impresora 3D



Impresora Prusa i3. (Tresdmark, 2017, pág.1)

Además la impresora de adición de polímeros funde un filamento denominado (pla), este filamento pasa por el pico o boca de salida. Por lo general las impresoras 3d calientan la cama donde se va a depositar el plástico para tener una mejor adherencia del mismo. A continuación se muestra las especificaciones técnicas en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7 Características técnicas

Características técnicas	
Cama	25×21cm
Diseño	Abierto a manipulación
LCD	Incluido
Boquilla	0,4mm para filamento de 1,75mm
Altura de la capa	0,05mm
Materiales compatibles	PLA, ABS

Características de la impresora prusa i3. (Prusa, 2016, pág. 1)

## 2.17 Panel Solar

Los paneles solares son elementos que aprovechan la energía solar, tienen múltiples células fotovoltaicas que convierten la radiación solar en electricidad, se produce por el efecto fotovoltaico que es producido por los fotones, generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores que generan un campo magnético que produce energía eléctrica. A continuación se presenta la Figura 2.25 y la Tabla 2.8 de las características técnicas.

Figura 2.25 Panel solar



Panel solar utilizado para captar energía solar. (Cemaer, 2014, pág. 1)

Tabla 2.8 Características técnicas

Características técnicas	
Voltaje	22,4 V
Voltaje de funcionamiento óptimo	17,8 V
Corriente de operación	5,62 A
Peso	16,5 lbs
Potencia	100 W

Características técnicas de los paneles solares. (Renogy, 2017, pág. 1)

## 2.18 Batería

Las baterías de un sistema fotovoltaico son importantes ya que acumulan la energía que producen los paneles solares, para lograr utilizar esta energía en la noche, es decir, las baterías aportan energía eléctrica al sistema cuando los paneles solares no están funcionando o no generan electricidad. La utilización de baterías en el sistema fotovoltaico permite proveer mayor corriente que el panel fotovoltaico proporciona cuando está en funcionamiento.

Figura 2.26 Batería



Batería donde se almacena energía. (Solar-energía, 2017, pág. 1)

Tabla 2.9 Características técnicas

Características técnicas	
Standby use	13,50 – 13,80 V
Cyclic use	14,10 – 14,40 V

Características técnicas de la batería. (FAMMA, 2017, pág. 1)

## 2.19 Controlador

Los controladores de carga se encargan de regular la energía que es recibida por los paneles fotovoltaicos logrando cargar las baterías y suministra alimentación a los diferentes equipos que se encuentran conectados.

Figura 2.27 Controlador



Controlador Wanderer. (Renogy, 2017, pág. 1)

Tabla 2.10 Características técnicas

Características técnicas	
Voltaje	12 V
Autoconsumo	$\leq 10$ mA
Voltaje de entrada	25 V
Corriente	30 A

Características técnicas del controlador. (Renogy, 2017, pág. 1)

## 2.20 Arduino Uno

La placa electrónica Arduino Uno cuenta con 14 entradas/salidas digitales, en estas pines 6 se pueden utilizar como salidas PWM y otras 6 son entradas analógicas, un microcontrolador ATmega 328. Se puede alimentar a la placa por medio de un conector.

Figura 2.28 Arduino UNO



Placa Arduino UNO (Díaz, 2016, pág. 1)

Tabla 2.11 Características técnicas

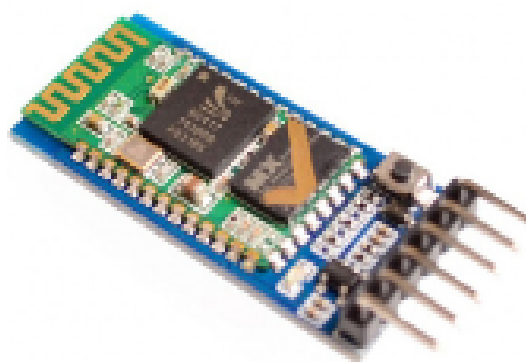
Características técnicas	
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje	5 V
Voltaje entrada (recomendado)	7 – 12V
Entradas analógicas	6
Digital I/O	14 (6 son salidas PWM)
Clock Speed	16MHz

Características técnicas Arduino UNO. (Díaz, 2016, pág.1)

## 2.21 Módulo Bluetooth

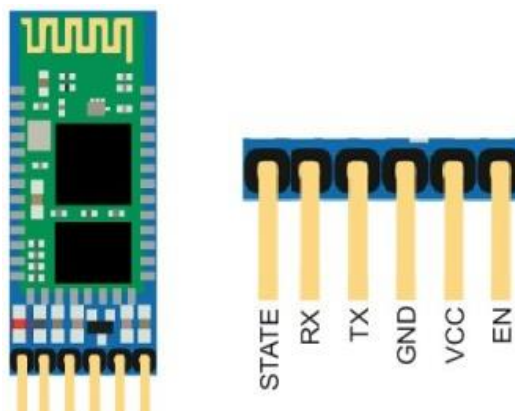
Se utiliza en conexiones inalámbricas de corta distancia, funciona en modo maestro y esclavo dependiendo la necesidad, se configura mediante comandos AT.

Figura 2.29 Módulo Bluetooth HC-05



Bluetooth HC-05. (Durán, 2015, pág.1)

Figura 2.30 Módulo Bluetooth HC-05



Pines de conexión. (Durán, 2015, pág.1)

Tabla 2.12 Características técnicas

Características técnicas	
Voltaje	3,3- 6 V
Corriente	500mA
Temperatura	-5°C – 45°C
Frecuencia	2.4 GHz
Protocolo USB	USB v1.1/2.0

Bluetooth HC-05. (Durán, 2015, pág.1)



## 2.22 Método de Selección

En el siguiente apartado se selecciona el método a utilizarse para la medición del caudal de agua, selección de pluviómetro a construirse, se utiliza los siguientes métodos para cubrir las necesidades como exactitud, mantenimiento y costo.

Los parámetros de selección serán tomados en cuenta de acuerdo a cuatro criterios:

- 1.- bajo
- 2.- medio
- 3.- alto
- 4.- muy alto

En la Tabla 2.13 se detalla los parámetros y condiciones para la selección del método que sirve para medir el caudal del agua.

Tabla 2.13 Criterios de selección

Método/ Parámetros	Volumétrico	Parshall	Químico	Flotador	Sección y velocidad
Exactitud	3	3	1	1	4
Mantenimiento	2	3	2	3	3
Costo	3	3	4	1	3

Método de selección para medir el caudal de agua. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

La tabla 2.14 se muestra la selección para la construcción del pluviómetro.

Tabla 2.14: Criterios de selección

Método/ Parámetros	Lectura	Directa	Mecánico	Registrador
Exactitud	1	1	2	3
Mantenimiento	2	1	1	3
Costo	1	3	2	2

Selección para la construcción del pluviómetro. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

## **2.23 Aplicaciones similares realizadas**

### **2.23.1 Ejemplo 1**

En la Ciudad de Quito en el año 2010 se realizó la demarcación hidrográfica que pasa aproximadamente por 10 provincias del Ecuador, tiene como objetivo medir las fuentes hídricas, determinar su caudal así como establecer la calidad del agua mediante varios parámetros entre los que se encuentra en PH y Oxígeno disuelto en el agua para tener datos de la calidad del agua, esta investigación se realizó bajo la dirección de la Ing. Viviana Guzmán y la Secretaria Nacional de Agua. (Guzmán, 2010)

Figura 31 Demarcación Hidrográfica



Provincia de Ecuador con demarcación hidrográfica. Fuente: (Guzmán, 2010)

### **2.23.2 Ejemplo 2**

En el año 2016, se realiza el monitoreo de calidad y cantidad de agua en los páramos de la provincia del Azuay por Juan Calles, siendo muy importante a mediano o largo plazo, universidades y otras instituciones en Ecuador están colaborando para el monitoreo de afluentes y tener datos reales de los caudales de afluentes lo que permite tener un escenario del cambio climático, así como de la deforestación de los últimos años, para tomar las debidas acciones y asegurar agua en el futuro. (Calles, 2016)

Figura 32 Canal abierto



Monitoreo de afluentes datos reales de los afluentes. Fuente: (Calles, 2016)

### 2.23.3 Ejemplo 3

En el Cusco se realizó un estudio en el año 2012, esta investigación se efectuó por ECOFLUIDOS INGENIEROS S.A, este aporte hace memoria a la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos, tiene como objetivo monitoreo de las afluentes que sirven para el consumo humano, en la toma de muestras se analizar una serie de parámetros de contaminación así como de requerimientos necesarios para que el agua sea apta para consumo humano parámetros de los cuales resaltamos la temperatura, PH y oxígeno disuelto en el agua. (FIODM, 2012)

Figura 33 Medición de calidad de agua



Medición de afluentes mediante toma de datos. Fuente: (FIODM, 2012)

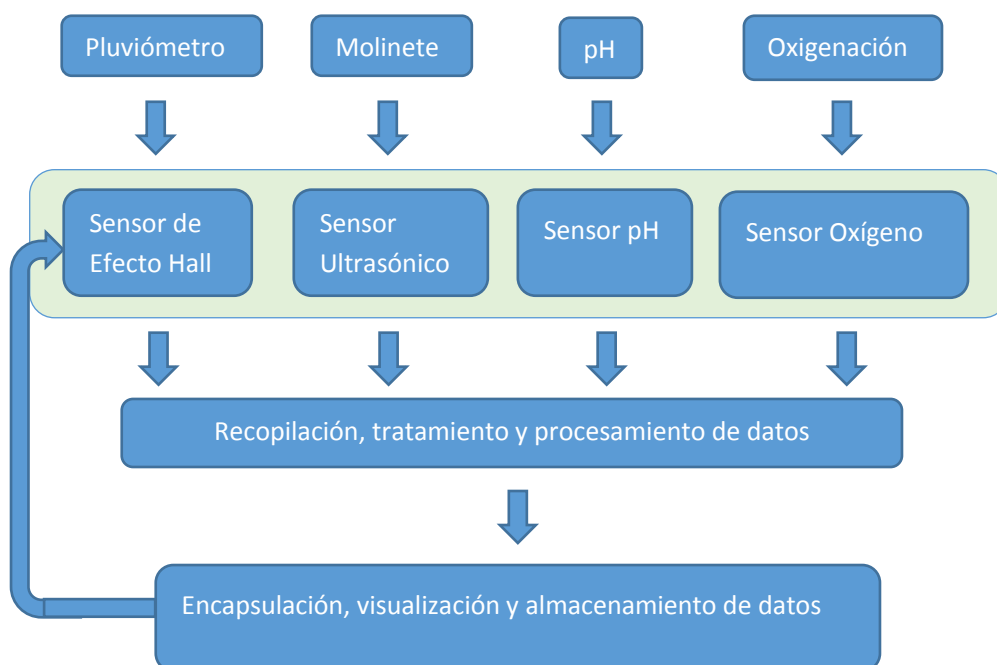
### CAPÍTULO 3

#### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En presente capítulo se describe el funcionamiento general del proyecto, diseño de hardware y software, esquema del sistema de autogeneración fotovoltaica utilizada en el proyecto.

#### 3.1 Funcionamiento General del Proyecto

Figura 34 Funcionamiento general del proyecto



Funcionamiento del proyecto. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

La estructura mecánica del Pluviómetro es una Figura cilíndrica donde se recolecta agua para cuantificar la lluvia caída en el sector, en su interior consta de dos cangilones con un eje y trabaja como una balanza realizando movimientos pendulares, en su parte superior está incorporado un imán de neodimio, cada movimiento de los cangilones generados por el agua, el sensor de efecto hall detecta cada pulso generado, el mismo contabilizado y guardado, este valor es utilizado mediante operaciones matemáticas para determinar la cantidad de precipitaciones caídas en el lugar durante un tiempo determinado.

Para determinar el caudal de agua en un canal se utiliza un molinete contiene 16 aspas, sirve para generar movimiento en el canal mediante la circulación de agua, en uno de sus extremos tiene incorporado un disco con 16 ranuras al eje rotatorio, al mínimo movimiento del molinete registran datos mediante un encoder, denominado generador de pulsos, es decir la energía mecánica a una señal eléctrica que se interpreta en pulsos, se realiza el conteo del valor generado por el movimiento del molinete para obtener la velocidad del agua.

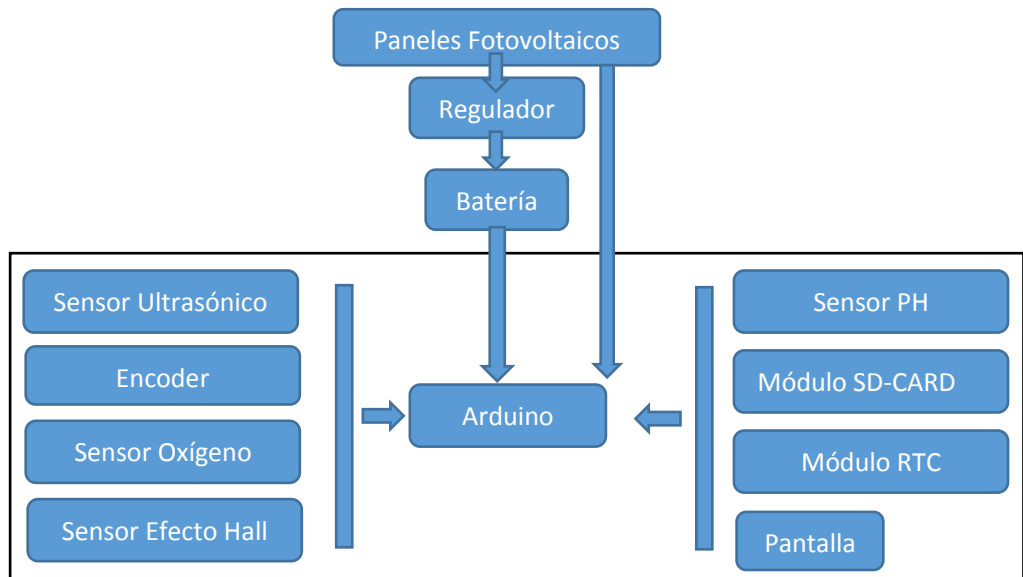
Simultáneamente, el sensor ultrasónico toma el valor de la altura del espejo de agua que está pasando por el canal trapezoidal, mediante la ecuación 2.9, una vez que se haya registrado los dos valores, mediante operaciones matemáticas se obtiene un valor de la cantidad de caudal de agua de un canal.

Los sensores de pH y oxígeno, determinan el nivel de calidad de agua que está pasando por el canal, una vez recolectado estos datos se transmiten por un cable a un microcontrolador placa Arduino Mega 2560, luego de la conversión de datos se visualizan en una pantalla Nextion (HMI), se guardan en una SD-CARD cada cierto tiempo, la información almacenada se extrae vía inalámbrica por medio de un Bluetooth, este dispositivo tiene su propia fuente de energía.

### **3.2 Desarrollo del hardware y software**

En el hardware se propone varios dispositivos para la alimentación, obtención, tratamiento, almacenamiento de datos y la imprimieron las piezas. En el software se propone la utilización del programa Solidworks 2016, en el cual se realizó de diseño del Pluviómetro y Molinete.

Figura 35 Desarrollo de hardware

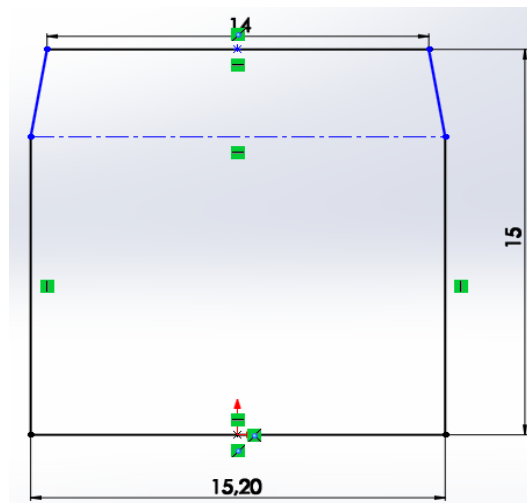


Representación de varios elementos electrónicos. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

### 3.3 Manufactura por impresión 3D

La mayor parte de las piezas fueron impresas por la impresora 3D, esta máquina es de gran ayuda para imprimir piezas volumétricas luego de realizarse el diseño mediante un ordenador. El esquema cuenta con un orificio superior que tiene una medida de 14 cm para la captación de agua de lluvia, la altura es de 15 cm y el ancho de la base del cono es de 15,20 cm, como se visualiza en la Figura 3.3.

Figura 36 Pieza Virtual con la vista frontal



Esquema con medidas del área de captación. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

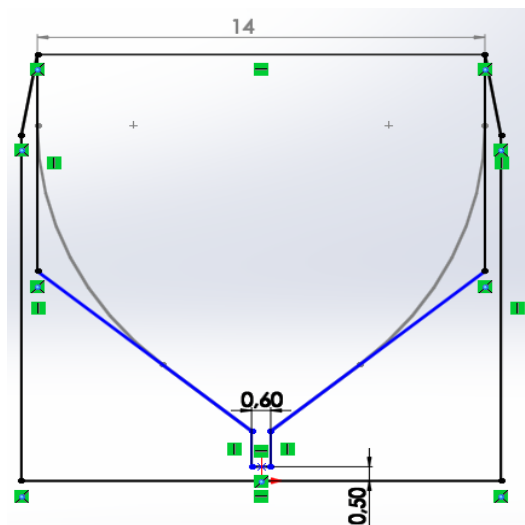
Figura 37 Pieza del cono



Cono bajo medidas para captar el agua de una precipitación. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

En el interior se encuentra una pared vertical formando un embudo, este principio es de gran ayuda y muy necesario para que las gotas de lluvia puedan desembocar con mayor facilidad por el orificio inferior. El prototipo tiene un biselado superior, en este caso ayuda en la recolección de las gotas de agua lluvia que se encuentran en el exterior, esto se produce por la acción del viento, que empuja las gotas hacia dentro de la desembocadura del pluviómetro logrando de esta manera aprovechar al máximo la cantidad de lluvia caída en un lugar.

Figura 38 Esquema de embudo

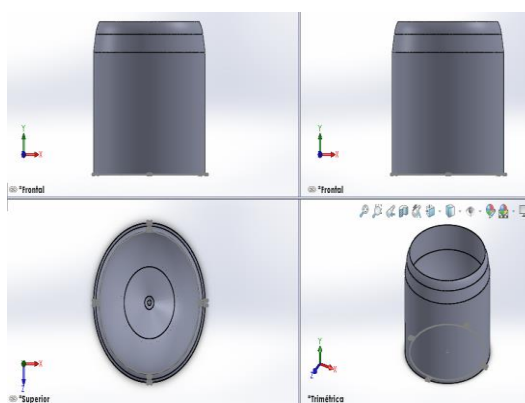


Medidas de construcción del embudo del área de captación. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

En la Figura 3.5, en el interior se encuentra un embudo con un ángulo medido desde el vértice, esto hace que las gotas resbalen notablemente hacia la desembocadura inferior, mientras más elevado se encuentre la pendiente del embudo, menor retención de gotas se tendrá internamente, por lo general la pendiente interna para el embudo debe ser mayor a  $45^\circ$ .

En la desembocadura inferior se tiene un tubo con un orificio con un biselado desde el exterior hacia e interior, esto hace que se generen gotas al contorno de la desembocadura de esta manera cae uniformemente en los cangilones, esto evita que se produzca perdida de gotas. En la Figura 3.6 se muestra la pieza exterior donde se capta el agua, el sólido está construido se visualiza el embudo y el área de captación.

Figura 39 Pieza exterior donde se capta el agua lluvia



Pieza exterior visualización 3D. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 40 Pieza sólida parte externa y cono de recepción de agua

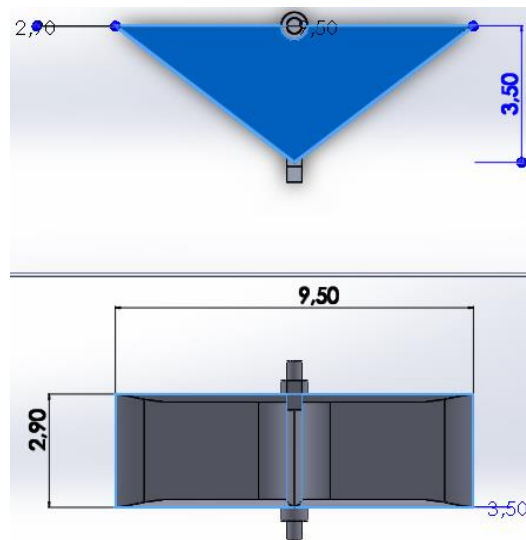


Cono y parte externa del pluviómetro. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala



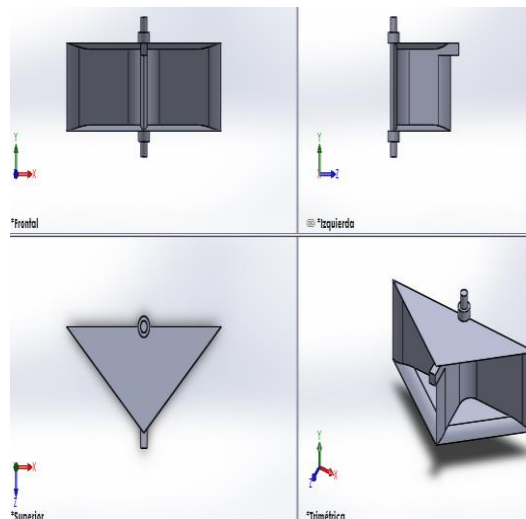
Como se indica en la Figura 3.8, en la parte interior se encuentran dos cangilones los mismos que receptan y determinan la cantidad de precipitaciones ha caído en el lugar, tiene incorporado un eje haciendo que actúe como una balanza, este efecto se produce cuando uno de los dos espacios está vacío y el otro lleno de gotas de agua.

Figura 41 Medidas de los cangilones



Medidas de cangilones con eje rotativo. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 42 Pieza interior para la recepción de agua lluvia



Cangilones con eje incorporado. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

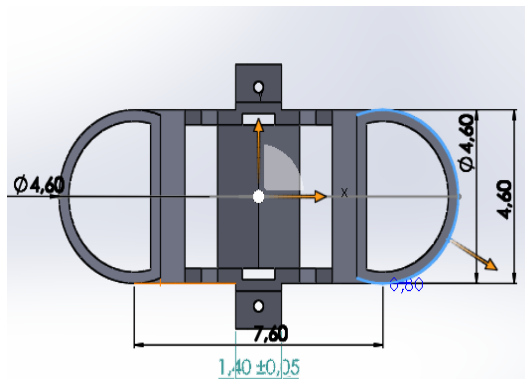
Figura 3.10 Cangilones



En los cangilones desemboca el agua. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Para sujetar la Figura 3.10, se construye una pieza que se visualiza en la Figura 3.11, este diseño ayuda a sostener los cangilones donde desemboca el agua, en sus paredes laterales tiene orificios donde se inserta el eje de la Figura 3.10.

Figura 43 Medida de la pieza sujetadora de los cangilones



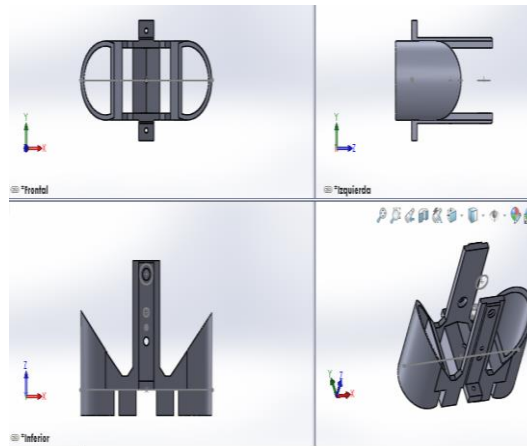
Pieza sujetadora. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 44 Pieza interior



Pieza interior donde descansan los cangilones. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 45 Pieza interior con paredes largas



Pieza que ayuda a sujetar la pieza interior. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 46 Paredes laterales



Paredes laterales que serán colocados en la pieza interior. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 47 Pieza interior completa



Acoplamiento de las paredes en la pieza interior. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Una vez expuestas las piezas que se imprimieron, se tiene el modelo final en el cual se mide una precipitación.

Figura 48 Modelo final de las piezas



Acoplamiento de las piezas. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

La cantidad de pulsos está dada por el sensor de efecto hall, el mismo que registra cuantas veces los cangilones se han movido es decir cuántas veces se ha llenado los cangilones de agua lluvia, mediante operaciones matemáticas y programación se determina la cantidad de lluvia que tenemos en una precipitación dada durante ciertas horas del día, se utiliza la fórmula de la Ecuación (3.1).

$$A = \pi \times r^2 \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Donde:

A= área

$\pi$ = constante matemática

r= radio de la circunferencia

Para el cálculo del área se tiene dos variables ya conocidas radio de la circunferencia y  $\pi$ , el volumen se calcula mediante la siguiente Ecuación 3.2.

$$volumen = A \times 0,033 \quad \text{Ec. (3.2)}$$

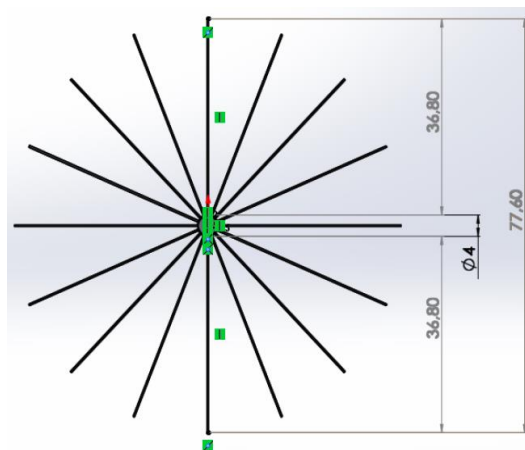
Donde se conoce el área y 0,033 es un valor constante que se refiere a cada cangilón, con la siguiente operación se obtiene la relación en mililitros, utilizando el valor del conteo de pulsos detectados por sensor de efecto hall, generados por el movimiento de los cangilones y el valor del volumen.

$$mlitros = contador\_hall \times volumen \quad \text{Ec. (3.3)}$$

El diseño del molinete está compuesto por 16 aspas que están acopadas a un eje rotatorio con una separación de  $22,5^\circ$  entre aspa y una distancia desde el eje a la punta de 36,80 cm, las aspas ayudan a la movilización del molinete debido a la circulación de agua por el canal midiendo el caudal.

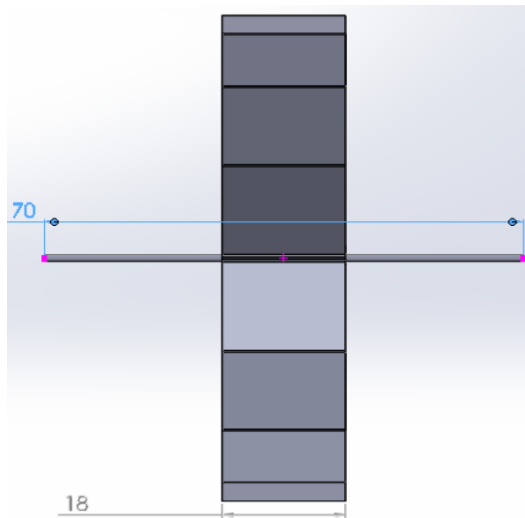
En la Figura 3.17, se visualiza el diseño del molinete con sus respectivas medidas en un entorno de simulador.

Figura 49 Molinete



Medidas del molinete de un canal trapezoidal. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 50 Molinete



Medida del eje del molinete. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

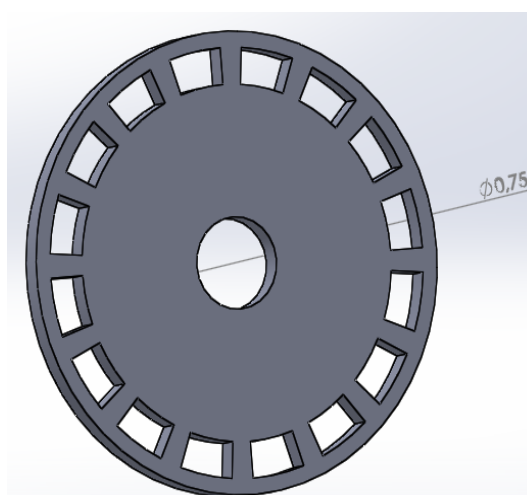
Figura 51 Molinete



Molinete con eje rotativo y 16 aspas. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

En el extremo del eje rotatorio se encuentra adaptado un disco que posee partes sólidas y otras huecas. El haz de luz es interceptada por la parte solida del disco, haciendo una secuencia que se transforma en una señal digital a medida que la luz cruza a través del disco. En la figura 3.20, se muestra el disco con el eje rotativo.

Figura 52 Disco de 16 ranuras



Disco con ranuras que será acoplado al eje rotatorio. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Para obtener las RPM se requiere la siguiente operación:

$$rpm = contador \times 4 \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Una vez que se haya obtenido el valor en rpm, se utiliza la siguiente Ecuación 3.5, para transformar el valor de rpm a velocidad lineal.

$$v = (6,28 \times rpm)/60 \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Finalmente para obtener la velocidad del agua, se multiplica el valor obtenido de la conversión por el radio del eje rotatorio.

$$velocidad\_del\_agua = v \times radio \quad \text{Ec. (3.6)}$$

En la medición de la altura del espejo de agua se consigue mediante el sensor ultrasónico siendo un medidor de distancia, para obtener el valor medido se utiliza la siguiente Ecuación 3.7.

$$altura\_del\_agua = distancia\_total - medida \quad \text{Ec. (3.7)}$$

Mediante esta operación se determina la altura del agua, en función de la variable que corresponde a la distancia total del canal, con respecto a la variable obtenida por el sensor ultrasónico. Para determinar la superficie del canal de agua, se utiliza la siguiente Ec. (2.8) correspondiente al canal trapezoidal. Mediante una operación matemática se determina el caudal de agua en función de la variable correspondiente a la superficie y la velocidad lineal mediante la siguiente Ecuación 3.8.

$$caudal = velocidad\_del\_agua \times A \quad \text{Ec.3.8}$$

Las mediciones de pH y oxigenación determinan la calidad de agua en un canal, mediante la lectura analógica por medio del sensor se adquiere diferentes valores, la siguiente Ecuación 3.9 para obtener los valores de medición de oxígeno del canal.

$$oxigeno\_disuelto = crudo\_DO/15,1 \quad \text{Ec. 3.9}$$

Donde:

$crudo\_DO$  = lectura del sensor

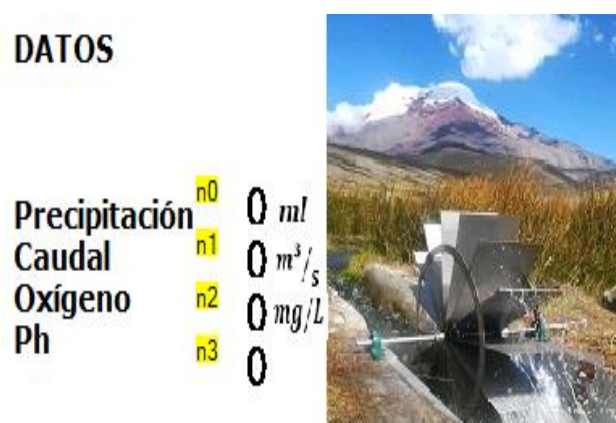
Constante = 15,1

### 3.4 HMI

En el programa Nextion Editor se realizó un menú, a continuación se indica la ventana en la cual se mostrará los datos obtenidos de los sensores, este menú que se desarrolló se cargará en la pantalla Nextion, proporcionando una interfaz de control y visualización de un proceso entre un humano y una máquina. La energía solar es captada por los paneles solares, el sistema de monitoreo es alimentado de 5V, tanto al Arduino Mega 2560, sensores electrónicos y la pantalla de visualización. Una vez que se haya obtenido los datos se visualizan a tiempo real tanto en caudal y cantidad de agua.



Figura 53 Ventana de visualización de datos



Ventana creada en Nextion Editor. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Tabla 15 Descripción de los ítems de la figura

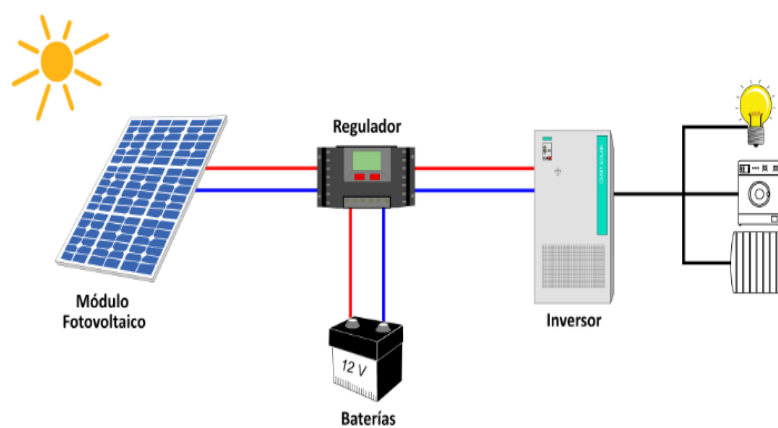
Descripción			
Dato	Elemento	Conexión	Unidades
Precipitación	Pluviómetro	Tarjeta Arduino	(ml)
Caudal	Molinete	Tarjeta Arduino	( $m^3/s$ )
Oxígeno	Sensor de oxígeno	Tarjeta Arduino	( $mg/L$ )
pH	Sensor pH	Tarjeta Arduino	Niveles de alcalinidad y acidez

Descripción del HMI. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

### 3.5 Esquema del sistema de autogeneración fotovoltaica

Por condiciones climáticas y el espacio geográfico de la zona donde se va a instalar el proyecto, se usa energía solar como fuente de alimentación del sistema fotovoltaico, a continuación, se presenta un esquema que se emplea en el proyecto. El sistema de autogeneración fotovoltaica consiste en un módulo solar que es el encargado de captar la energía solar. Los paneles fotovoltaicos son dispositivos que aprovechan la luz solar. Además, los módulos solares son elementos que obtienen energía limpia de una fuente ilimitada de energía.

Figura 54 Esquema de sistema de autogeneración fotovoltaica



Elementos que componen un sistema fotovoltaico. (Monsolar, 2017, pág. 1)

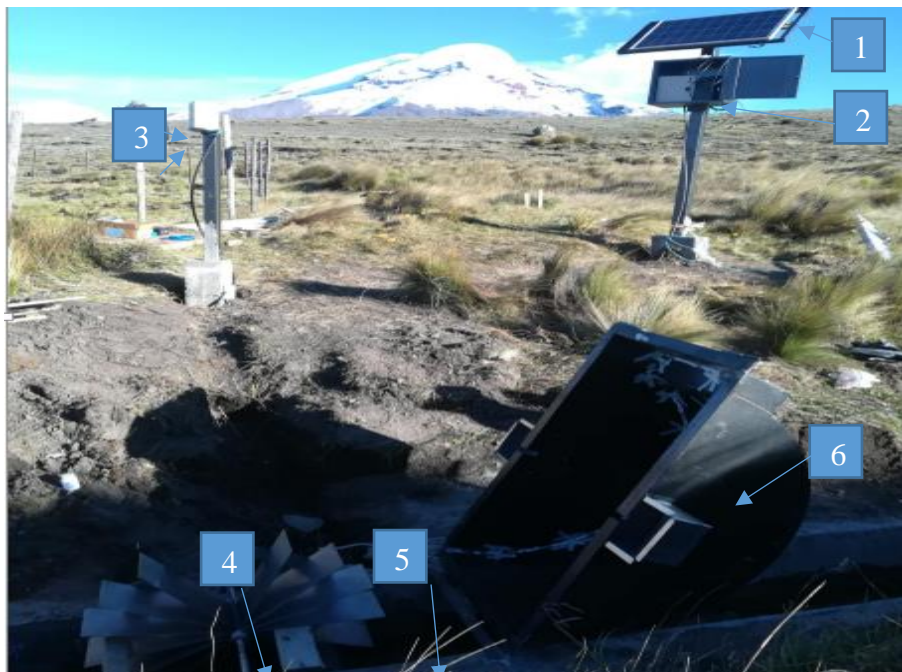
En el proyecto se utiliza una batería de 12 V con una corriente de 50 Ah, esto quiere decir que el dispositivo implementado brinda una corriente de 7 A en una hora, el sistema consume alrededor de 300mA, lo que se puede evidenciar que la batería se mantiene cargada alrededor de 20 a 22 horas diarias.

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se muestran las pruebas y resultados como son: mediciones de caudal de agua de un canal y precipitaciones (pluviómetro), mediciones de pH y oxígeno. En la siguiente Figura 4.1, se muestra la estación instalada con todos los elementos que conforman la estación para medir la cantidad y calidad de agua del canal. En la Tabla 4.1, se muestra el sistema de monitoreo.

Figura 55 Estación de medición de cantidad y calidad de agua



Varios dispositivos instalados en el lugar. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Tabla 16 Componentes del sistema de monitoreo

Sistema de monitoreo	
1	Paneles solares
2	Caja de control
3	Pluviómetro
4	Molinete (sensor encoder, ultrasónico)
5	Medición de calidad de agua (sensores pH y oxígeno)
6	Cubierta del molinete

Sistema de monitoreo. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

#### 4.1 Prueba de medición del caudal empleado en el sistema

El caudal de agua se mide por dos métodos, los cuales sirven para comparar los valores obtenidos en el sistema desarrollado, se utiliza el método de sección y velocidad para obtener el valor que se compara con el método convencional. En la Tabla 4.2 se muestran los datos obtenidos por el sistema de monitoreo.

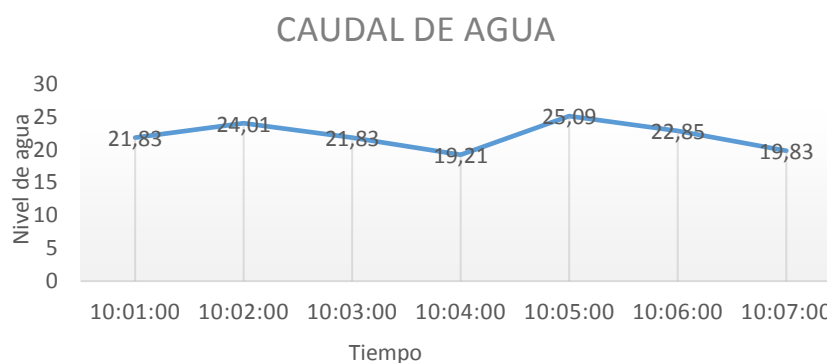
Tabla 17 Mediciones con el método sección y velocidad

N° de Prueba	Hora (h)	Altura (cm)	Velocidad ( $m/s$ )	Caudal ( $m^3/s$ )
1	10:01	4	0,13	21,83
2	10:02	5	0,12	24,01
3	10:03	4	0,13	21,83
4	10:04	4	0,12	19,21
5	10:05	6	0,10	25,09
6	10:06	5	0,11	22,85
7	10:07	4	0,12	19,83
8	10:08	4	0,12	19,83
9	10:09	5	0,12	24,01
10	10:10	4	0,13	21,83

Mediciones realizadas con el sistema desarrollado. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

A continuación se muestra la Figura 4.2, donde se indica el caudal del agua con las muestras tomadas en un tiempo estimado.

Figura 56 Gráfica de caudal de agua



Gráfica de caudal de agua por el método de velocidad y sección. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

## 4.2 Prueba de medición del caudal con el método flotador

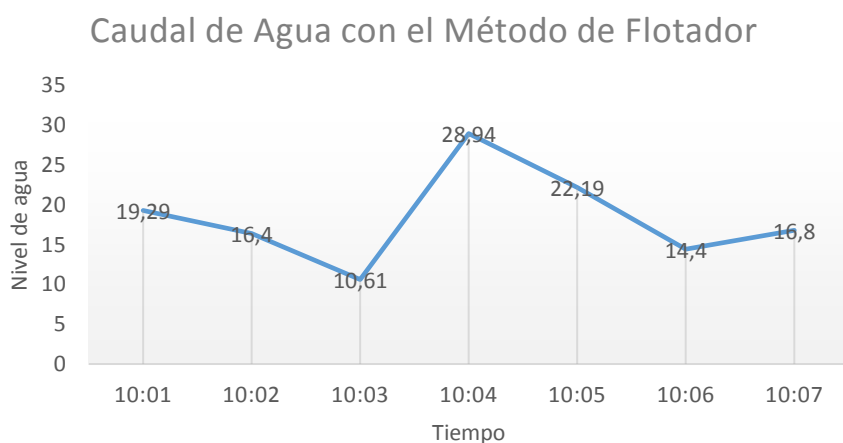
En la sección 2.2.4, se hace referencia al método convencional con el cual se determinan dos puntos A y B respectivamente con una distancia conocida, logrando determinar el tiempo que demora un objeto liviano en viajar entre los dos puntos anteriormente mencionados. Tabla 4.3 se muestran los valores obtenidos por las mediciones del método convencional.

Tabla 18 Mediciones con el método convencional

N° de Prueba	Hora (h)	Altura (cm)	Velocidad ( $m/s$ )	Caudal ( $m^3/s$ )
1	10:01	5	0,09	19,29
2	10:02	3	0,13	16,40
3	10:03	3	0,08	10,61
4	10:04	6	0,12	28,94
5	10:05	6	0,09	22,19
6	10:06	4	0,09	14,4
7	10:07	7	0,06	16,8
8	10:08	5	0,13	26,01
9	10:09	6	0,10	24,00
10	10:10	3	0,08	10,61

Mediciones realizadas con el método convencional. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 57 Gráfica de caudal de agua



Gráfica de caudal de agua con el Método Flotador. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

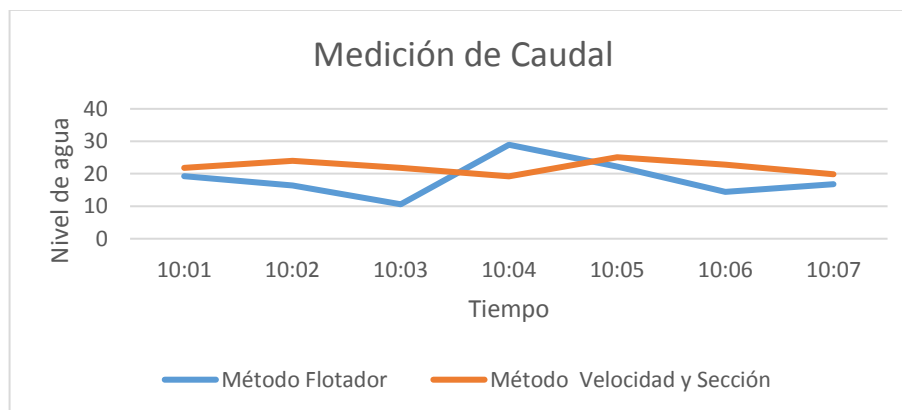
En la siguiente Tabla 4.4, se muestra la comparación de valores de los métodos utilizados, se tiene 10 muestras y cada método tiene un promedio para la verificación de valores entre los dos métodos utilizados el método convencional y el método empleado en el sistema respectivamente, en esta tabla se demuestra cual método es el adecuado para adquirir datos del canal.

Tabla 19 comparación de valores con los dos métodos utilizados

N° de Prueba	Hora (h)	Método convencional (Caudal 1 ( $m^3/s$ ))	Método sección y velocidad empleado (Caudal 2 ( $m^3/s$ ))
1	10:01	19,29	21,83
2	10:02	16,40	24,01
3	10:03	10,61	21,83
4	10:04	28,94	19,21
5	10:05	22,19	25,09
6	10:06	14,4	22,85
7	10:07	16,8	19,83
8	10:08	26,01	19,83
9	10:09	24,0	24,01
10	10:10	10,61	21,83
	Promedio	185,25	220,32

Valores comparativos de los dos métodos comparativos. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Figura 58 Gráfica de medición de caudal



Gráfica comparativa de la medición de caudal de agua en un canal. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

En la Tabla 4.4 se verifica el promedio del caudal de agua durante un período de tiempo con 10 muestras tomadas, con el sistema desarrollado se visualiza que no hay mucha diferencia numérica entre datos durante el tiempo de muestra.

### 4.3 Pruebas de medición de Precipitaciones

En la Tabla 4.5, se muestran los valores que se obtuvieron mediante la construcción de un pluviómetro, de esta manera se consigue de forma correcta datos sobre la cantidad de precipitaciones que han caído en el lugar.

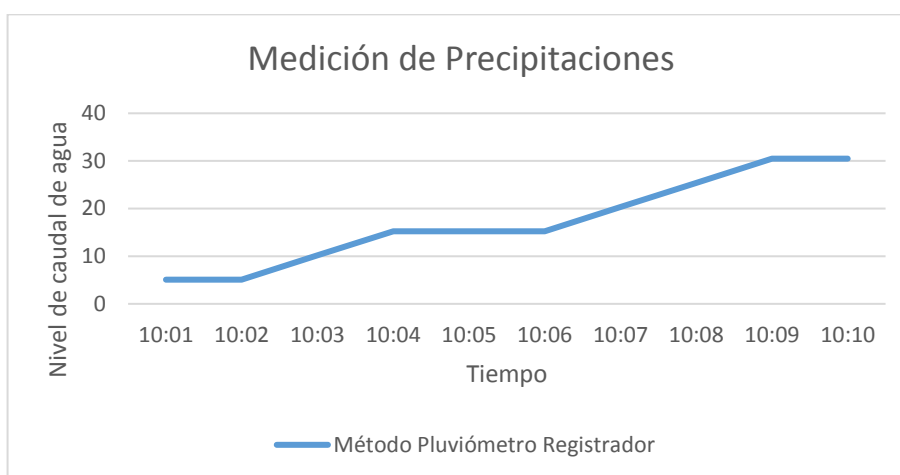
Tabla 20 Medidas obtenidas por el pluviómetro

N° de Prueba	Hora (h)	Numero de pulso	Cantidad de agua (ml)
1	10:01	1	5,08
2	10:02	1	5,08
3	10:03	2	10,16
4	10:04	3	15,23
5	10:05	3	15,23
6	10:06	3	15,23
7	10:07	4	20,32
8	10:08	5	25,4
9	10:09	6	30,48
10	10:10	6	30,48

Valores obtenidos por el pluviómetro. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

En la Tabla 4.5, se verifica los datos, indicando el pulso que tienen y el valor en mililitros (ml) y la cantidad de lluvia que se ha recogido en 10 muestras.

Figura 59 Gráfica Pluviómetro Registrador



Gráfica de medición de las precipitaciones registradas por el método del Pluviómetro Registrador.

Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

Medición de calidad de agua en dos parámetros oxigenación y pH.

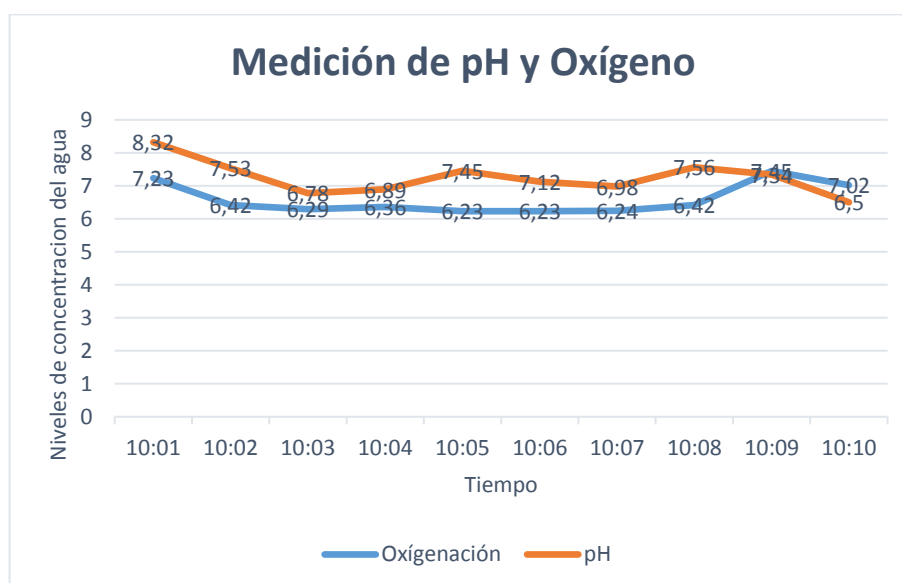
Tabla 21 Medidas obtenidas por los sensores de Oxígeno y pH

N° de Prueba	Hora	Oxigenación ( <i>mg/L</i> )	pH
1	10:01	7,23	8,32
2	10:02	6,42	7,53
3	10:03	6,29	6,78
4	10:04	6,36	6,89
5	10:05	6,23	7,45
6	10:06	6,23	7,12
7	10:07	6,24	6,98
8	10:08	6,42	7,56
9	10:09	7,45	7,34
10	10:10	7,02	6,50

Valores obtenidos por los sensores de oxígeno y pH. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala



Figura 60 Gráfica de medición de pH y oxígeno



Medición de pH y oxígeno en el agua de un canal. Elaborado por: Carolina Yunga & Diego Zabala

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Después de investigar los métodos de monitoreo de cantidad y calidad de agua se ha concluido que el método de velocidad y sección, al igual que el método del pluviómetro registrador respectivamente, son óptimos para medir el caudal de agua y la cantidad de precipitaciones, siendo exactos, bajos en costos y mantenimiento.

En este proyecto se ha desarrollado un sistema de monitoreo que consta de un molinete formado con 16 aspas que se encarga de medir la velocidad de agua en un canal, un pluviómetro registrador que permite medir las precipitaciones y sensores de pH y oxígeno que miden la calidad de agua, con la implementación de este sistema de monitoreo se concluye que se puede medir de manera constante el caudal de agua, a mayor número de aspas el error disminuye y a menor número de aspas el error aumenta y mediante la utilización de los sensores hemos comprobado que el agua del canal y las precipitaciones son aptas para el consumo humano y agrícola.

Se ha instalado un sistema de autogeneración fotovoltaica que consta de un panel solar que proporciona energía a una batería el cual permite que funcione correctamente el sistema diseñado, se concluye que este sistema es el más apto ya que en esta zona no se dispone de suministro de energía eléctrica.

A partir de las pruebas realizadas con los datos obtenidos, se concluye que al contrastar el método de flotador y el método implementado de velocidad y sección descrita en el capítulo 2, este último es el apto dado que tiene una menor variación de entre los datos obtenidos.

## **5.2 Recomendaciones**

Para evitar pérdida de datos en el canal se debe incrementar la distancia del mismo para detener el cauce y la turbulencia del agua, esto garantiza tener una mayor exactitud en la obtención de datos tanto en velocidad y altura del agua.

Se debe incorporar al inicio del canal una malla para evitar que la basura, escombros y las piedras afecten el cauce del agua, ya que esto podría generar que se detenga o afecte notablemente al movimiento del molinete y antes de ser consumida el agua se debe realizar un estudio bacteriológico para descartar presencia de parásitos y bacterias en el agua.

Se recomienda realizar mantenimientos preventivos periódicos trimestrales para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema instalado.

Se recomienda utilizar el método implementado en el proyecto ya que permite obtener más datos con menos intervalos de errores.

## REFERENCIAS

- Alvarado, E. (2017). Manual de medición de Caudales. *ICC*, 2-24.
- Alvarado, E. (2017). Medición de Caudales. *Manual de Medición de Caudales*, 2.
- Andromina. (2016 de Julio de 2016). *Encoder* . Obtenido de <http://androminarobot.blogspot.com/2016/07/en-este-tutorial-mostramos-como-usar-el.html>
- Anónimo. (18 de Diciembre de 2017). *Sensor de efecto hall y arduino* . Obtenido de <https://soloarduino.blogspot.com/2013/08/sensor-magnetico-keyes-035.html>
- aprendiendoarduino. (17 de Octubre de 2017). *aprendiendoarduino*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/arduino-mega/>
- Calles. (2016). Monitoreo de calidad y cantidad de agua. *Agua en el Ecuador*, 1-4.
- Díaz, J. (21 de Enero de 2016). *iescamp*. Obtenido de Arduino UNO: <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>
- erenovable. (17 de Octubre de 2018). *Paneles Solares*. Obtenido de <https://erenovable.com/como-funcionan-los-paneles-solares/>
- FIODM. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para el consumo humano y plan de mitigación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco. *Gestión integral y activa de recursos ambientales para minimizar vulnerabilidades al cambio climático en microcuencas alto andinas*, 10-21.
- Geekfactory. (20 de Marzo de 2015). *Reloj RTC*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/ds1307-en-tinyrtc-con-arduino/>
- geekfactory. (25 de Febrero de 2017). *Sensor de Oxígeno Disuelto*. Obtenido de <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/kit-sensor-de-oxigeno-disuelto-dfrobot/>
- Guzmán, I. V. (2010). Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la demarción hidrográfica del Guayas. *Secretaría Nacional de Agua*, 13-20.
- hetpro. (17 de Noviembre de 2015). *Pantalla Nextion*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-nextion-arduino/>
- hetpro. (16 de Noviembre de 2017). *Sensor de Oxígeno Disuelto*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/env-40-do-sensor-de-oxigeno-disuelto/>
- hetpro. (14 de Agosto de 2017). *Sensor de pH*. Obtenido de <https://hetpro-store.com/sensor-de-ph-env-40-ph/>

itead. (15 de Abril de 2016). *Pantalla Nextion*. Obtenido de <https://www.itead.cc/nextion-nx4024t032.html>

Llamas, L. (16 de Junio de 2015). *MEDIR DISTANCIA CON ARDUINO Y SENSOR DE ULTRASONIDOS HC-SR04*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>

Llamas, L. (10 de Junio de 2016). *Encoder Infrarrojo*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/usar-un-optointerruptor-con-arduino/>

Llamas, L. (18 de Octubre de 2016). *Reloj RTC*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/reloj-y-calendario-en-arduino-con-los-rtc-ds1307-y-ds3231/>

Llamas, L. (16 de Octubre de 2016). *Tarjeta micro SD*. Obtenido de <https://www.luisllamas.es/tarjeta-micro-sd-arduino/>

Medio ambiente y naturaleza. (24 de Abril de 2017). *Paneles Solares*. Obtenido de <https://medioambienteynaturaleza.com/esquema-instalacion-fotovoltaica/>

Muller, A. (2014). Pluviómetros y Pluviógrafos. *Meteorologische Instruments*, 3-40.

Núñez, A. (2014). *Manual de Medición de Agua*. San Isidro: Lima.

Núñez, A. (2015). *Manual de Medición de Agua*. San Isidro: Lima.

Rocha, D. (2 de Enero de 2015). *hetpro*. Obtenido de Bluetooth: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/bluetooth-hc-06-app-arduino/>

Sánchez, J. (2015). Puviógrafos. *Precipitaciones*, 2-9.

Solar Energía. (8 de Junio de 2017). *Energía solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/definiciones/baterias.html>

tresdmark. (21 de Abril de 2017). *Impresora 3D*. Obtenido de <https://tresdmark.es/la-mejor-impresora-3d-del-2017/>

Valencia, A. (2014). *Medición de caudal*. Medellín: Corantioquia.

Veloso, C. (1 de Abril de 2016). *COMO FUNCIONA EL SENSOR ULTRASONICO HC-SR04*. Obtenido de <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/01/como-funciona-el-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>

Veloso, C. (19 de Junio de 2018). *Características de Arduino Mega 2560*. Obtenido de <http://www.electrontools.com/Home/WP/2018/06/19/arduino-mega-2560-caracteristicas/>

## ANEXOS

**Anexo 1.** Manual de operación y funcionamiento.

# 2019

**FIDEICOMISO FONDO DE PARAMOS**

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

Autores: Rosa Carolina Yunga Semblantes

Diego Mauricio Zabala Chico



## MANUAL DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

**¡Estimado usuario...!**

## **DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE MONITOREO**

### **1. Panel Solar**



Se debe mantener limpios los canales de desfogue de agua en la estructura del panel solar, con el polvo se puede tapar los mismos pudiendo producir algún desperfecto, además mantener libre de escombros.

Se debe mantener limpios los canales de desfogue de agua en la estructura del panel solar, con el polvo se puede tapar los mismos pudiendo producir algún desperfecto, además mantener libre de escombros.

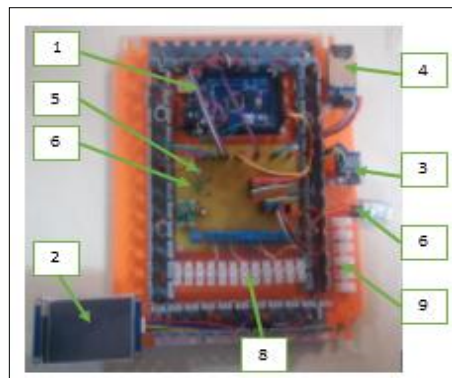
### **2. Caja 1 de almacenamiento**



Esta caja consta está conformada por:

1. Batería
2. Caja de control

### **3. Caja de control**



1. Arduino Mega 2560
2. Pantalla Nextion 32"
3. RTC Real Time Clock

4. SD – Card
5. Led indicador 1
6. Led indicador 2
7. Bluetooth
8. Borneras de conexión para la alimentación de la placa
9. Borneras para la conexión de los sensores

Se debe tener en cuenta la limpieza de la parte interior de la caja de control y observar que no haya el ingreso de agua.

#### 4. Medición de caudal de agua del canal



El molinete está protegido por una cubierta, esta evita que haya retrasos en el movimiento del molino por medio de factores ambientales y humanos.

El sensor ultrasónico mide la altura del espejo de agua del canal, este dispositivo se encuentra ubicado en la parte interior de la cubierta.

Para medir la velocidad del agua se utilizó un encoder, este sensor tiene una cubierta metálica ubicada en el costado de la cubierta del molinete, que evita el ingreso de agua, polvo o algún factor externo.



#### Molinete



Revisar que el molinete este centrado y en constante movimiento, esto facilitará una toma de datos exacta y constante.



## 5. Medición de precipitaciones



El pluviómetro se divide en dos partes:

La parte superior sirve para recolectar el agua lluvia.

En la parte inferior consta de:

1. Sensor efecto hall
2. Imán
3. Diseño construido en impresora 3D

Se debe revisar periódicamente la parte inferior del pluviómetro para evitar que haya agua en su interior, esto podría causar algún desperfecto.

## 6. Medición de pH y oxígeno en el canal de agua

Se ubica dos sensores de pH y oxígeno respectivamente para ello se debe introducir la mitad de las sondas en el canal, es necesario verificar que no exista escombros o basura, estos factores pueden dañar los equipos porque son sensibles a golpes.

### • INSTRUCCIONES

Obtención y descarga de datos.

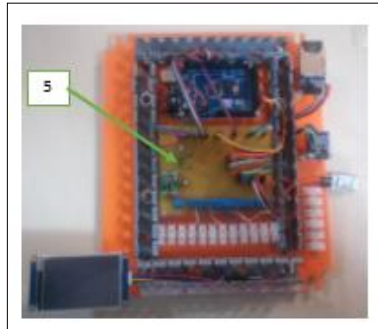
1. Abrir con la llave la caja principal.
- 2.



3. En esta caja se encuentra la batería y la caja de control.
4. En la caja interna en la tapa frontal esta la pantalla Nextion, donde se visualiza los datos de caudal, precipitación, pH y oxígeno en tiempo real.

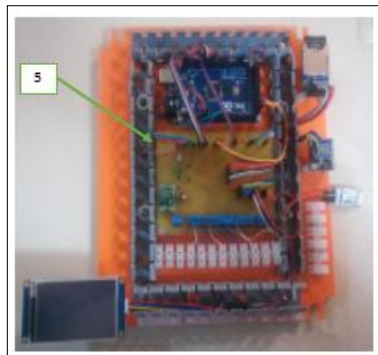


5. Abrir la caja pequeña con la llave.
6. En el interior se encuentra la tarjeta.



Esta tarjeta fue diseñada para reducir el voltaje de entrada, está alimentada de 5V, también provee de energía a los sensores y otros dispositivos electrónicos.

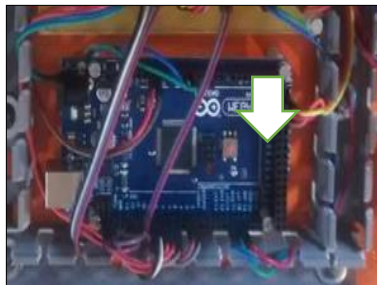
7. En esta tarjeta se encuentra un led de color azul, este nos indica si los datos se han guardado en el archivo txt.



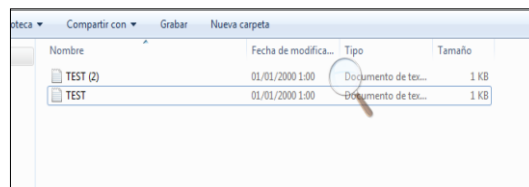
8. Para el envío del archivo txt, se debe pulsar el botón de la caja portátil que fue diseñada y el botón que está en la caja de control, este pulso debe durar aproximadamente 2 segundos hasta que el bluetooth se empareje y empiece a enviar la información durante este proceso se verifica el estado de envío por medio de leds indicadores que estarán prendidos por un tiempo, una vez obtenida la información en nuestro dispositivo portátil se retira la tarjeta micro-SD, presione suavemente hacia abajo la tarjeta y suelte para salga de la ranura, finalmente retire la tarjeta.



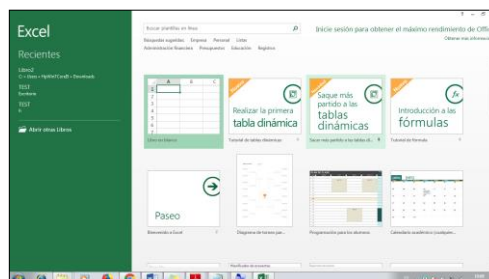
9. Si desea formatear la tarjeta, debe pulsar el botón, se recomienda esperar 6 segundos hasta que el archivo se borre completamente este proceso se indica cuando los leds de color azul y verde se enciendan simultáneamente y la pantalla Nextion vuelve a su posición o ventana inicial o de presentación.



10. Para incorporar la tarjeta extraída se debe prender el sistema, se debe esperar hasta que el led indicador azul se prenda y se apague, dando un aviso de inicio exitoso.
11. Cuando se tenga el dispositivo electrónico insertado en la ranura para leer la tarjeta en la computadora se debe abrir normalmente el archivo txt, para visualizar los datos.



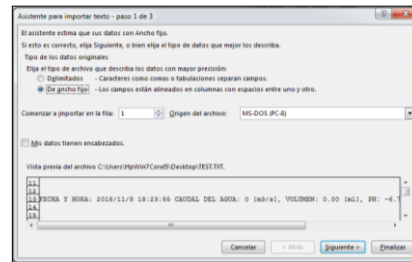
12. Para un mejor análisis de los datos se debe exportar el archivo txt a Excel, para ello se debe abrir Excel.



Damos clic en abrir todos los archivo y buscamos el archivo txt.



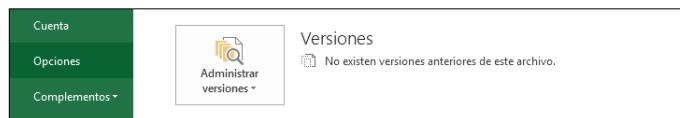
Cuando se haya ubicado el archivo txt de da clic sobre el mismo y nos enviara a una ventana donde se debe hacer unos cambios necesarios.

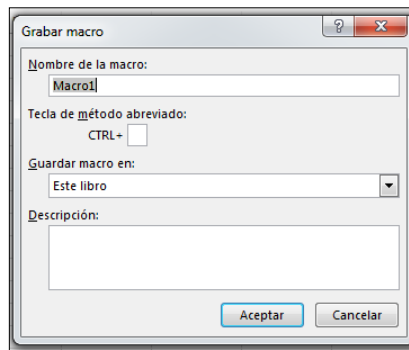


Se debe seleccionar la opción “De ancho fijo”, luego dar clic en siguiente y Finalizar.  
13. Se obtiene la tabla de los datos obtenidos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1																										
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										
31																										
32																										
33																										
34																										
35																										
36																										
37																										
38																										
39																										
40																										
41																										
42																										
43																										
44																										
45																										
46																										
47																										
48																										
49																										
50																										
51																										
52																										
53																										
54																										
55																										
56																										
57																										
58																										
59																										
60																										
61																										
62																										
63																										
64																										
65																										
66																										
67																										
68																										
69																										
70																										
71																										
72																										
73																										
74																										
75																										
76																										
77																										
78																										
79																										
80																										
81																										
82																										
83																										
84																										
85																										
86																										
87																										
88																										
89																										
90																										
91																										
92																										
93																										
94																										
95																										
96																										
97																										
98																										
99																										
100																										

14. Para realizar las gráficas para un análisis eficiente se debe activar la opción macros, primero vamos a la pestaña Archivo, luego buscamos la pestaña Opciones.





Se puede cambiar el nombre, también se le agrega un comando mediante el teclado para tener un método abreviado.

17. Para grabar un macro se debe seleccionar las filas.

	A	B	C	D	E	F
1	FECHA	HORA	CAUDAL DE AGUA	VOLUMEN	PH	DO
2	15/01/2019	10:01:00	21.85	3.08	6.32	7.23
3	15/01/2019	10:02:00	24.01	5.08	7.53	6.42
4	15/01/2019	10:03:00	21.83	10.16	6.78	6.29
5	15/01/2019	10:04:00	19.21	15.23	6.89	6.36
6	15/01/2019	10:05:00	25.99	15.23	7.45	6.23
7	15/01/2019	10:06:00	22.85	15.23	7.12	6.23
8	15/01/2019	10:07:00	19.83	20.32	6.98	6.24

18. Luego dar clic en insertar grafica

19. Una vez que se haya obtenido la gráfica se debe para el macro para que guarde.

20. Para probar que funcione se debe presionar la tecla Ctrl+a en este caso para obtener la gráfica deseada.

